

T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

KAVUN VE KARPUZ CİPSİ ÜRETİMİNDE FARKLI KURUTMA
YÖNTEMLERİ VE ÖN İŞLEMLERİN BAZI KURUMA VE
KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

TOLGA KAĞAN TEPE

DENİZLİ, ŞUBAT - 2023

**T.C.
PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**



**KAVUN VE KARPUZ CİPSİ ÜRETİMİNDE FARKLI KURUTMA
YÖNTEMLERİ VE ÖN İŞLEMLERİN BAZI KURUMA VE
KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ**

DOKTORA TEZİ

TOLGA KAĞAN TEPE

DENİZLİ, ŞUBAT - 2023

**Bu tez çalışması Pamukkale Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projesi
Birimi tarafından 2021FEBE026 nolu proje ile desteklenmiştir.**

Bu tezin tasarımı, hazırlanması, yürütülmesi, araştırmalarının yapılması ve bulgularının analizlerinde bilimsel etiğe ve akademik kurallara özenle riayet edildiğini; bu çalışmanın doğrudan birincil ürünü olmayan bulguların, verilerin ve materyallerin bilimsel etiğe uygun olarak kaynak gösterildiğini ve alıntı yapılan çalışmalara atfedildiğine beyan ederim.

Tolga Kağan TEPE

ÖZET

KAVUN VE KARPUZ CİPSİ ÜRETİMİNDE FARKLI KURUTMA YÖNTEMLERİ VE ÖN İŞLEMLERİN BAZI KURUMA VE KALİTE PARAMETRELERİ ÜZERİNE ETKİSİ

DOKTORA TEZİ

TOLGA KAĞAN TEPE

PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
GIDA MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

(TEZ DANIŞMANI: PROF. DR. ÇETİN KADAKAL)

DENİZLİ, ŞUBAT - 2023

Farklı kurutma yöntemleri ve ön işlemlerin kavun ve karpuz meyvelerinin kuruma karakteristikleri, renk değişimleri, rehidrasyon yetenekleri, büzüşme oranları ve kimyasal bileşimleri üzerine etkileri incelenmiştir. Sıcak hava, vakum, mikrodalga, sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemleriyle kurutulan örneklerin kuruma hızları, sıcaklık ve/veya mikrodalga gücünde meydana gelen artışla artmıştır. Mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemiyle kurutulan örneklerde yanık oluşumu gözlenmiş, renk değerlerinin daha olumsuz etkilendiği saptanmıştır. Sıcaklık artışı ve mikrodalga uygulamasının örneklerin rehidrasyon yeteneğini geliştirdiği ve büzüşme oranını azalttığı belirlenmiştir. Uygulanan ön işlemler kuruma hızını artırmış, renk değerlerini etkilemiş, rehidrasyon yeteneğini geliştirmiş ve büzüşme oranlarını azaltmıştır.

Farklı kurutma yöntemleri organik asit içeriğini etkilemezken, glikoz ve fruktoz içeriği azalmıştır. Sıcaklık ve mikrodalga gücünün askorbik asit kaybını artırdığı, sıcaklık artışının β -karoten ve likopen kaybını azalttığı tespit edilmiştir. Mikrodalga gücündeki artış kavunda β -karoten kaybını artırırken, karpuzda önemli bir değişime neden olmamıştır. Mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi toplam fenolik madde içeriğinde daha az kayba neden olmuştur. Kurutma sıcaklığında ve/veya mikrodalga gücündeki artışın antioksidan aktivitedeki kayıpları azalttığı ve HMF oluşumunu artırdığı belirlenmiştir. Uygulanan ön işlemlerin organik asit içeriğini azalttığı, sitrik asit çözeltisine daldırmanın sitrik asit içeriğini artırdığı görülmüştür. Ayrıca, tüm ön işlemler meyvelerin askorbik asit, glikoz ve fruktoz içeriğinde azalmaya sebep olmuştur. β -karoten ve likopen içeriğinde en fazla kayıp etanol çözeltisine daldırma; toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitede en yüksek kayıp etanol ve ultrases ön işlemlerinde görülmüştür. Ön işlemler örneklerin HMF düzeyini azaltmıştır. Örneklerde en iyi kurutma seçeneklerinin 80 °C'de sıcak hava ve 70 °C'de sıcak suya daldırma ön işlemleriyle 70 °C'de kurutma olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELELER: Kavun, Karpuz, Cips, Kurutma, Ön İşlem, Mikrodalga, Rehidrasyon, Renk, Biyoaktif Bileşen, HPLC

ABSTRACT

THE EFFECT OF DIFFERENT DRYING METHODS AND PRETREATMENTS ON DRYING AND SOME QUALITY PARAMETERS IN THE PRODUCTION OF MELON AND WATERMELON CHIPS

PH.D THESIS

TOLGA KAĞAN TEPE

**PAMUKKALE UNIVERSITY INSTITUTE OF SCIENCE
FOOD ENGINEERING**

(SUPERVISOR:PROF. DR. ÇETİN KADAKAL)

DENİZLİ, FEBRUARY 2023

In this study, the effect of different drying methods and pretreatments on the drying characteristics, color changes, rehydration ability, shrinkage ratio and chemical properties of melon and watermelon were investigated. The drying rates of the samples dried with hot air, vacuum, microwave, and microwave assisted-hot air methods increased with the increment in temperature and microwave power. Besides, more color degradation and burning on the surface were observed in the samples dried with microwave and microwave assisted-hot air methods. Increment of temperature and microwave applying enhanced the rehydration ability and reduced shrinkage ratio. The pretreatments increased the drying rate, had negative effect on color properties and reduced shrinkage ratio.

No remarkable effect of different drying methods on organic acid content of samples were observed, however, glucose and fructose content decreased. Whereas increment in temperature and microwave power increased loss of ascorbic acid, β -carotene and lycopene retained well with the temperature increasing. No significant effect of microwave power on β -carotene content of watermelon was observed, whereas the increment of microwave power led to loss of β -carotene content of melon. Microwave and microwave assisted-hot air methods caused less loss in total phenolic content. It has been determined that the increase of temperature and/or microwave power reduced the loss of antioxidant activity and increased HMF formation. Pretreatments caused the reduction in organic acid content, whereas immersing citric acid solution increased the citric acid content. Besides, ascorbic acid, glucose and fructose content were reduced by pretreatments. The highest β -carotene and lycopene resulted from the immersing ethanol solution. Moreover, immersing ethanol solution and ultrasound pretreatments caused the highest loss of total phenolic content and antioxidant activity. Reduction in HMF content were provided by pretreatments. Hot air drying at 70 °C after immersing hot water at 70 °C and hot air drying at 80 °C were determined as the best drying options.

KEYWORDS: Melon, Watermelon, Chips, Drying, Pretreatment, Microwave, Rehydration, Color, Bioactive Compounds, HPLC

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER	iii
ŞEKİL LİSTESİ.....	vi
TABLO LİSTESİ	viii
SEMBOL LİSTESİ.....	xi
ÖNSÖZ.....	xii
1. GİRİŞ.....	13
1.1 Kavun Yetiştiriciliği ve Morfolojik Özellikleri.....	16
1.1.1 Türkiye’de Yetişen Kavun Türleri.....	17
1.1.2 Kimyasal Bileşimi ve Biyoaktif Özellikleri.....	18
1.2 Karpuz Yetiştiriciliği ve Morfolojik Özellikleri	18
1.2.1 Kimyasal Bileşimi ve Biyoaktif Özellikleri.....	19
1.3 Gıdaların Kurutulması	20
1.3.1 Gıdaların Kurutulmasında Kullanılan Yöntemler.....	21
1.3.2 Hibrit Kurutma Sistemleri	25
1.3.3 Gıdaların Kurutulmasında Kullanılan Ön İşlemler.....	27
1.3.4 Kuruma Kinetiği	30
1.3.4.1 Uygun Kinetik Modelin Belirlenmesi.....	32
2. MATERYAL VE METOT	33
2.1 Materyal.....	33
2.2 Fiziksel Analizler	34
2.2.1 Renk Analizi	34
2.2.2 Kuru Madde Tayini.....	34
2.2.3 Suda Çözünür Kuru Madde Analizi.....	35
2.3 Kimyasal Analizler	35
2.3.1 pH Tayini	35
2.3.2 Titrasyon Asitliği Tayini.....	35
2.3.3 Kül tayini	36
2.4 Kurutma Çalışmaları	36
2.5 Ön İşlemler	38
2.5.1 Etanol Çözeltilisine Daldırma	38
2.5.2 Ultrases Uygulaması	39
2.5.3 Sitrik Asit Çözeltilisine Daldırma.....	41
2.5.4 Sıcak Suya Daldırma	41
2.6 Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi	42
2.6.1 Nem İçeriğinin Hesaplanması.....	42
2.6.2 Nem Oranının Hesaplanması	42
2.6.3 Kuruma Hızının Hesaplanması.....	43
2.6.4 Efektif Difüzyon Katsayısı	43
2.6.5 En Uygun Kinetik Modelin Belirlenmesi	44
2.7 Rehidrasyon ve Büzüşme Oranının Hesaplanması.....	45
2.8 Kurutmaya Bağlı Doku Değişimlerinin İncelenmesi	46
2.9 Kromatografik ve Spektrofotometrik Analizler	47
2.9.1 Askorbik Asit ve Organik Asit Analizi.....	47

2.9.1.1	Örnek Hazırlama	47
2.9.1.2	Askorbik Asit ve Organik Asit Analizi İçin HPLC Koşulları.....	47
2.9.2	Glikoz ve Fruktoz Analizi.....	48
2.9.2.1	Örnek Hazırlama	48
2.9.2.2	Glikoz ve Fruktoz Analizi İçin HPLC Koşulları.....	49
2.9.3	Hidroksimetil Furfural (HMF) Analizi	50
2.9.3.1	Örnek Hazırlama	50
2.9.3.2	HMF Analizi İçin HPLC Koşulları	50
2.9.4	Likopen ve β -karoten Analizi	51
2.9.4.1	Örnek Hazırlama	51
2.9.4.2	Likopen ve β -Karoten Analizi İçin HPLC Koşulları	51
2.9.5	Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Analizi	52
2.9.5.1	Örnek Hazırlama	52
2.9.5.2	Toplam Fenolik Madde Analizi	53
2.9.5.3	Antioksidan Aktivite Analizi	53
2.9.6	İstatistiksel Analiz.....	53
3.	BULGULAR VE TARTIŞMA	55
3.1	Kavun ve Karpuz Meyvelerinin Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri 55	
3.2	Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kurutulması	56
3.2.1	Farklı Yöntemler ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri	56
3.2.2	Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kuruma Kinetiğine Ait Modellemeler	65
3.2.3	Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Renk Değişimleri	79
3.2.4	Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Rehidrasyon ve Büzüşme Oranları	83
3.2.5	Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Doku Değişimleri.....	86
3.3	Farklı Ön İşlemler Uygulanan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Sıcak Hava Yöntemi ile Kurutulması.....	94
3.3.1	Farklı Ön İşlemler Uygulanan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri	94
3.3.2	Farklı Ön İşlemler Uygulanan Kavun ve Karpuz Meyvesinde Ağırlık Kaybı, Su Kaybı ve Katı Madde Kaybı	99
3.3.3	Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Sıcak Hava Yöntemi ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kuruma Kinetiğine Ait Modellemeler....	101
3.3.4	Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Sıcak Hava Yöntemi ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Renk Değişimleri	110
3.3.5	Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Rehidrasyon ve Büzüşme Oranları	112
3.3.6	Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Doku Değişimleri.....	115
3.4	Kavun ve Karpuz Meyvelerinin Bileşiminde Kurutmaya Bağlı Meydana Gelen Değişimler.....	118
3.4.1	Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvelerinin Bileşiminde Meydana Gelen Değişimler	118

3.4.1.1	Kavun ve Karpuz Meyvesinin Organik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler	118
3.4.1.2	Kavun ve Karpuz Meyvesinin Askorbik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler.....	120
3.4.1.3	Kavun ve Karpuz Meyvesinin Glikoz ve Fruktoz İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler.....	124
3.4.1.4	Kavun ve Karpuz Meyvesinin β -karoten ve Likopen İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler.....	126
3.4.1.5	Kavun ve Karpuz Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktivitelerinde Meydana Gelen Değişimler.....	132
3.4.1.6	Kavun ve Karpuz Meyvesinde HMF Oluşumu.....	137
3.4.2	Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Sıcak Hava Yöntemi ile Kurutulmuş Kavun ve Karpuz Meyvelerinin Bileşiminde Meydana Gelen Değişimler.....	140
3.4.2.1	Kavun ve Karpuz Meyvesinin Organik Asit ve Askorbik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler	140
3.4.2.2	Kavun ve Karpuz Meyvesinin Glikoz ve Fruktoz İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler.....	143
3.4.2.3	Kavun ve Karpuz Meyvesinin β -karoten ve Likopen İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler.....	144
3.4.2.4	Kavun ve Karpuz Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktivitelerinde Meydana Gelen Değişimler.....	147
3.4.2.5	Kavun ve Karpuz Meyvesinde HMF Oluşumu.....	149
4.	SONUÇ VE ÖNERİLER	152
5.	KAYNAKLAR.....	158
6.	EKLER.....	182
	EK A Standartlara Ait Kalibrasyon Grafikleri	182
7.	ÖZGEÇMİŞ	188

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1: Kavun ve karpuz örnekleri.....	33
Şekil 2.2: Örneklerin kesilmesi ve dilimlenmesinde kullanılan ekipmanlar ...	37
Şekil 2.3: Dilimlenmiş kavun ve karpuz örnekleri.....	38
Şekil 2.4: Sıcak hava-mikrodalga hibrit fırını (solda) ve vakumlu etüv (sağda)	38
Şekil 2.5: Etanol çözeltisine daldırılan kavun ve karpuz örnekleri.....	39
Şekil 2.6: Ultrases ön işlemlerinde kullanılan ultrasonik su banyosu.....	40
Şekil 2.7: Sitrik asit çözeltisine daldırılan kavun ve karpuz örnekleri.....	41
Şekil 2.8: Sıcak su banyosu ve sıcak suya daldırılan karpuz örnekleri.....	42
Şekil 3.1: Sıcak hava (a), mikrodalga (b), vakum (c) ve sıcak hava-mikrodalga kombine (d) yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin zaman bağlı nem oranı değişimi	62
Şekil 3.2: Sıcak hava (a), mikrodalga (b), vakum (c) ve sıcak hava-mikrodalga kombine (d) yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin kuruma hızı değişimi	63
Şekil 3.3: Sıcak hava (a), mikrodalga (b), vakum (c) ve sıcak hava-mikrodalga kombine (d) yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin zaman bağlı nem oranı değişimi	64
Şekil 3.4: Sıcak hava (a), mikrodalga (b), vakum (c) ve sıcak hava-mikrodalga kombine (d) yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin kuruma hızı değişimi	65
Şekil 3.5: Sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C b) 70 °C c) 80 °C.....	87
Şekil 3.6: Vakum kurutuma yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C b) 70 °C c) 80 °C.....	88
Şekil 3.7: Mikrodalga yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) 100 W b) 200 W c) 300 W	89
Şekil 3.8: Sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C + 100 W, b) 60 °C + 200 W, c) 70 °C + 100 W, d) 70 °C + 200 W, e) 80 °C + 100 W, f) 80 °C + 200 W	90
Şekil 3.9: Sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C b) 70 °C c) 80 °C.....	91
Şekil 3.10: Vakum kurutuma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C b) 70 °C c) 80 °C.....	92
Şekil 3.11: Mikrodalga yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) 100 W b) 200 W c) 300 W	93
Şekil 3.12: Sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C + 100 W, b) 60 °C + 200 W, c) 70 °C + 100 W, d) 70 °C + 200 W, e) 80 °C + 100 W, f) 80 °C + 200 W	94
Şekil 3.13: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin nem oranı (a) ve kuruma hızı (b) değişimi.....	98
Şekil 3.14: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin nem oranı (a) ve kuruma hızı (b) değişimi.....	99

Şekil 3.15: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) %50 ET b) %100 ET c) 60 °C BL d) 70 °C BL e) %0,5 SA f) %1 SA g) %50 US h) %100 US	116
Şekil 3.16: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) %50 ET b) %100 ET c) 60 °C BL d) 70 °C BL e) %0,5 SA f) %1 SA g) %50 US h) %100 US	117
Şekil A.1: Askorbik asit kalibrasyon eğrisi	182
Şekil A.2: Sitrik asit kalibrasyon eğrisi	182
Şekil A.3: Malik asit kalibrasyon eğrisi	183
Şekil A.4: Tartarik asit kalibrasyon eğrisi	183
Şekil A.5: Glikoz kalibrasyon eğrisi	184
Şekil A.6: Fruktoz kalibrasyon eğrisi	184
Şekil A.7: HMF kalibrasyon eğrisi	185
Şekil A.8: Likopen kalibrasyon eğrisi	185
Şekil A.9: β-karoten kalibrasyon eğrisi	186
Şekil A.10: Gallik asit kalibrasyon eğrisi	186
Şekil A.11: Trolox kalibrasyon eğrisi	187

TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 2.1: Kurutma işleminin modellenmesinde kullanılan bazı matematiksel modeller.....	45
Tablo 2.2: Askorbik asit ve organik asit analizi için HPLC koşulları	48
Tablo 2.3: Glikoz ve fruktoz analizi için HPLC koşulları	49
Tablo 2.4: HMF analizi için HPLC koşulları.....	50
Tablo 2.5: Likopen ve β -karoten analizi için HPLC koşulları	52
Tablo 3.1: Kavun ve karpuz meyvesinin nem, SÇKM, pH titrasyon asitliği ve kül miktarları	55
Tablo 3.2: Taze kavun ve karpuz meyvelerinin L*, a* ve b* değerleri.....	56
Tablo 3.3: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları	60
Tablo 3.4: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları.....	61
Tablo 3.5: Sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	67
Tablo 3.6: Mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	68
Tablo 3.7: Vakum kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	69
Tablo 3.8: Sıcak hava-mikrodalga kombine (60 °C + 100 W ve 60 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	70
Tablo 3.9: Sıcak hava-mikrodalga kombine (70 °C + 100 W ve 70 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	71
Tablo 3.10: Sıcak hava-mikrodalga kombine (80 °C + 100 W ve 80 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	72
Tablo 3.11: Sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	73
Tablo 3.12: Mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler.....	74
Tablo 3.13: Vakum kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	75
Tablo 3.14: Sıcak hava-mikrodalga kombine (60 °C + 100 W ve 60 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	76
Tablo 3.15: Sıcak hava-mikrodalga kombine (70 °C + 100 W ve 70 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	77
Tablo 3.16: Sıcak hava-mikrodalga kombine (80 °C + 100 W ve 80 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	78
Tablo 3.17: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin renk değişimleri.....	81

Tablo 3.18: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin renk değişimleri.....	82
Tablo 3.19: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin rehidrasyon ve büzüşme oranları.....	85
Tablo 3.20: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin rehidrasyon ve büzüşme oranları.....	85
Tablo 3.21: Farklı ön işlem uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları	97
Tablo 3.22: Farklı ön işlem uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları	97
Tablo 3.23: Etanol ve ultrases ön işlemleri sonucu kavun meyvesinde gerçekleşen ağırlık ve su kaybı ile katı madde kayıpları	100
Tablo 3.24: Etanol ve ultrases ön işlemleri sonucu karpuz meyvesinde gerçekleşen ağırlık ve su kaybı ile katı madde kayıpları	101
Tablo 3.25: Etanol çözeltilisine daldırma ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	102
Tablo 3.26: Ultrases ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	103
Tablo 3.27: Sitrik asit ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	104
Tablo 3.28: Sıcak suya daldırma asit ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	105
Tablo 3.29: Etanol çözeltilisine daldırma ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	106
Tablo 3.30: Ultrases ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	107
Tablo 3.31: Sitrik asit ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	108
Tablo 3.32: Sıcak suya daldırma ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler	109
Tablo 3.33: Farklı ön işlemler uygulanarak kurutulan kavun meyvesinin renk değişimleri.....	111
Tablo 3.34: Farklı ön işlemler uygulanarak kurutulan karpuz meyvesinin renk değişimleri.....	112
Tablo 3.35: Farklı ön işlemler uygulanarak kurutulan kavun meyvesinin rehidrasyon ve büzüşme oranları.....	114
Tablo 3.36: Farklı ön işlemler uygulanarak kurutulan karpuz meyvesinin rehidrasyon ve büzüşme oranları.....	114
Tablo 3.37: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin organik asit içeriği	119
Tablo 3.38: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin organik asit içeriği	120

Tablo 3.39: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin askorbik içeriği.....	123
Tablo 3.40: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin askorbik asit içeriği	123
Tablo 3.41: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği	125
Tablo 3.42: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği	126
Tablo 3.43: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin β -karoten içeriği.....	131
Tablo 3.44: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin likopen ve β -karoten içeriği	131
Tablo 3.45: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri	136
Tablo 3.46: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri	137
Tablo 3.47: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin HMF içeriği.....	139
Tablo 3.48: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin HMF içeriği.....	140
Tablo 3.49: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin organik asit ve askorbik asit içeriği.....	142
Tablo 3.50: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin organik asit ve askorbik asit içeriği.....	142
Tablo 3.51: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği	144
Tablo 3.52: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği	144
Tablo 3.53: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin β -karoten içeriği	146
Tablo 3.54: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin β - karoten ve likopen içeriği	146
Tablo 3.55: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri.....	149
Tablo 3.56: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri.....	149
Tablo 3.57: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin HMF içerikleri.....	150
Tablo 3.58: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin HMF içerikleri.....	151

SEMBOL LİSTESİ

g	: Gram
µg	: Mikrogram
mg	: Miligram
L	: Litre
ml	: Mililitre
µl	: Mikrolitre
mm	: Milimetre
nm	: Nanometre
dk	: Dakika
W	: Watt
KM	: Kuru madde
SÇKM	: Suda çözünebilir kuru madde
HPLC	: Yüksek Basıncılı Sıvı Kromatografisi
PDA	: Photo Diode Array Dedektör
T	: Sıcaklık
R	: Gaz Sabiti
t	: Süre
Rpm	: Dakikada dönüş sayısı
GAE	: Gallik asit eşdeğeri
DPPH	: 2.2 diphenyl-1-picrylhydrazyl
TE	: Troloks eşdeğeri
RMSE	: Root mean square error, tahmini standart hata
χ²	: ki-kare
R²	: Determinasyon katsayısı
k	: Reaksiyon Hız Sabiti
Deff	: Efektif difüzyon katsayısı
Ea	: Aktivasyon Enerjisi
ΔE	: Toplam renk değişimi

ÖNSÖZ

Lisansüstü eğitim hayatına başladığım günden bugüne kadar gerek bilimsel gerek sosyal yönden fikir, öneri ve yönlendirmeleriyle bugünlere gelmemde üzerimde tartışılmaz emeği bulunan Saygıdeğer danışmanım Prof. Dr. Çetin KADAKAL'a, tez izleme süreci boyunca fikir ve görüşleriyle tez çalışmasına katkı sağlayan Sayın. Prof. Dr. Sebahattin NAS ve Dr. Öğr. Üyesi Nizam Mustafa NİZAMLIOĞLU'ya, şeker analizinde büyük destek olan Doç. Dr. Fatma Nur ARSLAN'a, çalışmanın laboratuvar aşamasında gece gündüz desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Pınar ŞENGÜN, Anıl ÇOKAK ve Heysem Suat BATU'ya, tanıştığım günden bu yana hep yanımda olan, yorulduğumda beni teşvik ve motive eden, çalışmanın her yönünde bana sonsuz destek veren, her zaman anlayışlı fedakar davranan sevgili eşim Fadime Begüm TEPE'ye, hayatıma adeta bir güneş gibi doğan, daha fazla sorumluluk ve bilinçli davranmam gerektiğini hatırlatan, yorulduğumda gülümsemesiyle bana yorgunluğu unutturan minik kızım Leyla Sevim TEPE'ye, beni bugünlere getiren, büyüten, asla ve asla yılmadan maddi ve manevi olarak destek olan, bütün süreçlerde en az benim kadar meraklı ve heyecanlı olan sevgili babam Sait TEPE'ye ve sevgili annem Tülin TEPE'ye sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

1. GİRİŞ

Dünya çapında sağlıklı ve doğal gıda tüketimine yönelik gelişen büyük talep artışı, yeni ürün geliştirmeyi gerekli kılmıştır. Kurutulmuş meyve ve sebzeler bu talebi karşılamanın uygun ve uygulanabilir yolu olarak görülmektedir (Netto ve diğ. 2021). Günlük diyetle alınan meyve ve sebzeler, içerisinde bulunan biyoaktif bileşenler nedeniyle dejeneratif hastalıklar, kardiyovasküler rahatsızlıklar ve kanser gibi pek çok sağlık sorununun azaltılmasında etkili rol oynamaktadır (da Cunha ve diğ. 2020; Gomez-Garcia ve diğ. 2020; Tepe ve diğ. 2022). Ancak hasat sonrası dönemde meyve ve sebzelerde yüksek su içeriği nedeniyle kimyasal reaksiyonlar, mikrobiyolojik aktivite ve fiziksel değişiklikler meydana gelmektedir (Osae ve diğ. 2020). Kurutma veya diğer adıyla dehidrasyon, muhafazayı kolaylaştırmakta, mikroorganizmalara karşı koruma sağlamakta, ağırlığı azaltmakta, ürünü yılın herhangi bir zamanında tüketebilme imkânı sunmakta ve hasat sonrası kayıpları azaltmaktadır (Netto ve diğ. 2021).

Konvektif kurutma en yaygın kullanılan dehidrasyon yöntemlerinden biri olup gıdalarda bulunan suyun sıcak hava ile uzaklaştırılması prensibine dayanmaktadır (Tepe ve Kadakal 2022). Konvektif kurutma su aktivitesi ve mikrobiyal gelişimin azalması, pek çok kimyasal reaksiyonun önlenmesi, raf ömrünü artırması, ağırlık ve hacimde azalma sebebiyle paketleme, nakliye ve depolama maliyetlerinin azalması gibi avantajlar sağlamanın yanı sıra düşük sıcaklıklarda uzun kuruma süresi ve yüksek enerji tüketimine neden olmakta; yüksek sıcaklıklarda ise üründe kalite kaybına yol açmaktadır (Tepe ve Tepe 2020, Tunckal ve Doymaz 2020, Huang ve diğ. 2020, Kumar ve diğ. 2020).

Enerji tüketimini azaltarak daha kaliteli ürünler elde edebilmek amacıyla alternatif ön işlemler konvektif kurutma işleminden önce uygulanabilmektedir. Kurutma öncesi uygulanan ön işlemler geçirgenliği artırarak, enzimleri inaktive ederek ve oksidasyonu önleyerek kuruma sürecini hızlandırmaktadır (Bassey ve diğ. 2021). Geleneksel ön işlemler sıcak suya daldırma, buharda haşlama ile alkali ve asit çözeltisine daldırma şeklinde sıralanmakta olup bu metotlar kuruma süresini

azaltmakta ve ürün kalitesini arttırmaktadır (Tepe ve Kadakal 2022). Sıcak suya daldırma ön işlemleri meyve ve sebzelerin dokusunda değişimlere sebebiyet veren enzimleri inaktive ederek ve dokuda gevşeme sağlayarak kuruma süresini kısaltırken aynı zamanda hücre içi boşlukta bulunan havayı uzaklaştırarak renk ve aroma kaybını önlemektedir (Hiranvarachat ve diğ. 2011, Wang ve diğ. 2018). Diğer bir geleneksel yöntem olan sitrik asit çözeltisine daldırma yönteminin mekanizması da benzer şekilde dokuda değişikliğe sebep olan enzimlerin inaktive edilmesi ve doku modifikasyonu olarak tanımlanmaktadır. Özellikle bu yöntemin sağladığı asidik koşullar pektinin gevşemesine neden olmakta ve böylece gıdaların iç kısmından suyun uzaklaştırılması kolaylaştırılabilmektedir (Hiranvarachat ve diğ. 2011, Deng ve diğ. 2019).

Son zamanlarda geleneksel ön işlemlerin yanı sıra ultrases ve etanol çözeltisine daldırma teknikleri de kurutma ön işlemi olarak ilgi görmektedir. Ultrases uygulaması sırasında, gıda dokusu darbeleri ultrasonik dalgalar tarafından hızla sıkıştırılıp genişlemekte, böylelikle mikro kanalların oluşmasına neden olan ve hücre içi nemin yüzeye yayılmasını kolaylaştıran "sünger etkisi" ortaya çıkmaktadır. Bunun yanı sıra hücre içi boşlukta çözünen oksijeni ortadan kaldırarak kurutma sırasında ısı ve kütle transferini kolaylaştırmaktadır (Bozkır ve diğ. 2019, Wang ve diğ. 2019). Çok etkili ve uygulaması da bir o kadar kolay olan etanol çözeltisine daldırma ön işleminin mekanizması ise esas olarak hücre duvarının parçalanması ve geçirgenliğinin artırılması ve böylelikle gıdadaki suyun kolaylıkla uzaklaştırılabilmesi ilkesine dayanmaktadır. Etanol ve gıdanın su içeriği arasında yüzey gerilimi gradyanı oluşumuna dayanan Marangoni etkisi de su taşınımını önemli ölçüde artırmaktadır (Llavata ve diğ. 2020, Zhou ve diğ. 2021).

Kurutma işleminde nihai ürünlerin yapısı ve fizikokimyasal özellikleri, kurutma işleminden önemli ölçüde etkilenmektedir. Kurutulmuş gıdalarda rehidrasyon yeteneği ve büzüşme önemli kalite kriterleridir. Bazı kurutulmuş gıdalar tüketilmeden önce rehidre edilmekte ve rehidrasyon sırasında, kurutulmuş gıda su alarak ürün karakteristiklerini ve özelliklerini geri kazanabilmektedir (Bhargava ve diğ. 2021). Gıdaların kurutma işleminin neden olduğu hasar düzeyi, rehidrasyon özelliklerinin belirlenmesi ile saptanabilmektedir (Tepe ve Tepe 2020). Kurutulmuş gıdaların rehidrasyon yeteneği ile büzüşme arasında kuvvetli bir ilişki bulunmaktadır. Kurutma sırasında gıdanın büzüşmesi, kurutulmuş ürünün tekstürel kalitesini ve tadını etkileyen

yaygın bir fiziksel olgudur. Meyve ve sebzeler, gözenekli ve higroskopik yapıları nedeniyle kurutma işlemi sırasında büzüşmektedir (Mahiuddin ve diğ. 2018). Su gıdaların iç kısmından yüzeye hareket ettiğinde, kurutma sırasında düzensiz hacim değiştiği için gıdaların hacmi azalmaktadır (Khan ve Karim 2017). Kurutulacak gıdanın özellikleri, mikro yapısı, mekanik özellikler ve işlem koşulları gibi birçok faktör gıdaların büzüşmesini önemli ölçüde etkilemektedir (Mahiuddin ve diğ. 2018).

Cucurbitaceae familyasına ait kavun (*Cucumis melo*), hoş aroması ve karotenler, fenolik bileşikler gibi içerdiği biyoaktif bileşikler nedeniyle dünya çapında en çok tüketilen meyvelerden biridir (da Cunha ve diğ. 2020, Bouaziz ve diğ. 2020). Güneybatı ve orta Asya başta olmak üzere Türkiye, Suriye, İran, Afganistan, Hindistan, Türkmenistan, Tacikistan ve Özbekistan gibi kavun çeşitliliğinin başlıca merkezidir (Berdiyev ve diğ. 2009). Türkiye'de kavun üretimi 2022 yılında TÜİK tarafından 1.587.230 ton olarak bildirilmiştir (TÜİK 2022). Taze kavunun dayanıklılığı düşük olup bozulma süresi hızlı dolayısıyla raf ömrü kısadır. Hasat sonrası kavunun ömrü genellikle ortam koşullarında bir, soğukta muhafaza koşullarında ise iki hafta olarak bildirilmektedir (da Silva ve diğ. 2016, da Cunha ve diğ. 2020).

Karpuz (*Citrullus lanatus*), tropikal Afrika ülkelerine özgü bir meyve olup, yüksek su içeriği (~%90) ve şeker içeriği ile ferahlatıcı özellikleri ve hoş tadı nedeniyle yaygın olarak tüketilmektedir (Bianchi ve diğ. 2018, Nakilcioğlu-Taş ve diğ. 2021). Aynı zamanda antioksidan görevi gören ve kansere karşı koruma sağlayan polifenoller ve karotenoidler (likopen ve β -karoten) gibi biyoaktif maddeler açısından da zengin bir meyvedir (Falade ve diğ. 2007). Türkiye'de karpuzun en çok yetiştirildiği iller; Adana, İzmir, Diyarbakır ve Şanlıurfa'dır (Köçeroğlu 2018). Bununla birlikte Türkiye'de karpuz üretimi 2022 yılında TÜİK tarafından 3.394.783 ton olarak bildirilmiştir (TÜİK 2022). Mevsimsel bir ürün olması sebebiyle yılın her dönemi üretim imkânı olmayan ve yüksek su içeriği sebebiyle de raf ömrü kısa olan karpuzun kurutulması muhafaza edilmesi bu problemlerin önüne geçilmesine olanak sağlamaktadır.

Kurutma, mevsiminde tüketilemeyen meyvelerin israfını azaltmak aynı zamanda hasat dönemi dışındaki zamanlarda da tüketimini sağlamak için en uygun

yöntemlerden biridir. Bu çalışmada hasat sonrası raf ömrü oldukça sınırlı olan kavun ve karpuz meyvelerinin kuruma özellikleri, rehidrasyon yeteneği, büzüşmesi, renk özellikleri, kimyasal ve biyokimyasal içeriği üzerine farklı kurutma teknikleri ile geleneksel ve yeni ön işlemlerin etkisi araştırılmıştır.

1.1 Kavun Yetiştiriciliği ve Morfolojik Özellikleri

Orijini Batı Afrika'nın tropikal ve subtropikal bölgeleri ile İran, güney Rusya, Hindistan ve doğu Çin olduğunu düşünülen kavun (*Cucumis melo* L.) dünyada en çok üretilen meyvelerden biridir (Kyriacou ve diğ. 2018). 2020 yılında dünyada yaklaşık 41,5 milyon ton üretilen kavun, yaygın olarak Akdeniz ve Doğu Asya'da yetiştirilmektedir (FAOSTAT 2022, Alabboud ve diğ. 2022).

Kısa kazık kök yapısı, tüylü gövde ve sarıçılı kollara sahip olan kavun tek yıllık bir bitkidir. Meyve şekli, iriliği, rengi ve kabuk yapısı çok fazla çeşitlilik göstermektedir. Meyveler yuvarlak, oval veya yumurtamsı şekillerde olabilirken, meyve kabuğu da dilimli, dilimsiz, düz veya buruşuk olabilmektedir (Seçim 2019).

Ilıman iklimlerde daha iyi büyüme gösteren kavun, ortalama olarak 18-24°C'de optimum gelişme göstermektedir. Bunun yanı sıra sıcaklığın 10°C'nin altına düşmesi veya 30°C'nin üzerine çıkması gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir (Seçim 2019).

Pitrat ve diğ. (2000) tarafından kavun dördü tatlı üçü ise tatlı olmayan veya yüksek asidik kavunlar olmak üzere yedi grup şeklinde sınıflandırılmıştır. Bunlardan tatlı olan türler: kantalop, reticulatus (misk kavunu), inodorus (canary, casaba, honeydew, Piel de sapo) ve makuwa; asidik olanlar ise flexuosus (yılan kavunu), dudaim (nar kavun) ve conomon olarak sıralanmaktadır. Ülkemizde yetişen kavunlar yazlık (Topatan, Kantalup, Mollaköy, Sındırgı Çitili, Muğla yerli (pıtıraklı) ve Hırsızçalma) ve kışlık (Hasanbey, Altınbaş ve Yuva) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Bayraktar, 1972). Türkiye'de kavun üretiminin çoğunluğu (%85) Altınbaş, Hasanbey, Kuşçular, Yuva gibi İnodorus (*C. melo* L. var. *inodorus*) kavun çeşitlerinden oluşmaktadır (Demir 2019).

1.1.1 Türkiye’de Yetişen Kavun Türleri

1-Hasanbey: Kışlık kavun türlerinden olan Hasanbey kavununun meyveleri yuvarlak ve orta büyüklükte olup, sap kısımları hafif sivricidir. Kabukları kalın ve rengi yeşil olan bu tür kavunun üzeri kırışıktır. Lezzetli, sulu ve tatlı bir kavun olup, et rengi beyaz veya turuncu olabilmektedir.

2-Kırkağaç (Altınbaş): Yetiştirildiği yöre isimleri ile anılan Kırkağaç kavunu kışlık kavun olup, meyveleri genellikle yuvarlak, kabuk rengi sarı, üzeri yeşil benekli, kalın ve kırışıktır. Tatlı ve sulu bir çeşit olup et rengi beyazdır.

3-Yuva: Yuvarlak, lezzetli ve sulu meyveli olan Yuva, koyu yeşil renkli ve ince kabukludur. Serin yerlerde bekletilerek uzun süre muhafaza edilebilme özelliğine sahiptir.

4-Van (Kantalup): Kabuğu ağsı yapıda olup, bu yapının arkasında sarı ya da krem rengi kabuğa sahiptir. Dünyada en çok tüketilen kavun çeşidi olan kantalup yuvarlak şekilde alt ve üstten basık, dilimli bir yapıdadır. Tatlı ve aromalı olan meyve eti turuncu-sarı renkle, sulu ve yumuşaktır.

5-Topatan: İnce ve sarı kabuklu olan Topatan kavunu dayanıksız bir tür olup, meyve eti beyaz renkli, lezzetli, hoş kokulu ve tatlıdır. Uzun oval şekillidir ve kabuğu başlangıçta yeşil olup, olgunlaşmayla sararmaktadır.

6-Sarı dilimli: Meyveleri yuvarlak ve oval şekilli, kabuk rengi sarı, üzeri kırışık ve kalındır. Dilimli ve dilimsiz tipleri mevcut olup, meyve eti rengi yeşilimsi beyaz, tatlı ve suludur.

7-Çitili kavun: Yazlık kavun türlerinin en önemlilerinden biri olup, iri meyveleri basık, yuvarlak ve dilimlidir. İnce kabuğu sarı ve üzeri çitili olup, meyve eti beyaz, keskin kokulu ve lezzetlidir.

8-Mollaköy kavunu: İnce kabuklu, uzun oval şekilli ve sarımsıtrak kabuk renkli bir türdür. Meyve eti yeşil, tatlı ve kokuludur.

9-Honeydew: yaklaşık 20 cm uzunluğundaki bu tür hafifçe oval yapıda olup, erken dönemlerde kabuk yüzeyinde yumuşak tüyler bulunmaktadır. Başlangıçta kabuk rengi yeşilimsi beyaz renkte iken olgunlaşma ile kremi sarı renk almaktadır. Meyve eti kalın, açık yeşil renkte olup tatlı ve sulu bir çeşittir (AİTOM, 2015).

1.1.2 Kimyasal Bileşimi ve Biyoaktif Özellikleri

Kavun, doğal olarak içerdiği vitamin, mineral ve pigmentler, sağlık üzerine olumlu etkileri, yüksek antioksidan ve anti-enflamatuvar özellikleri sebebiyle dünyada en çok tüketilen meyvelerden biridir (Ahmed ve diğ. 2021). Kavun meyvesi folik asit, tiamin ve riboflavin açısından zengin olup C vitamini ve provitamin A açısından da oldukça iyi bir kaynaktır (Khalid ve diğ. 2021). 100 gram kavun 8 g karbonhidrat, 1 g diyet lif, 12 mg kalsiyum, 17 mg fosfor ve 31 kcal enerji içerdiği bildirilmiştir (Amiri ve diğ. 2014). Ayrıca kavun, yüksek su, vitamin A ve C, β -karoten ve potasyum içeriği ile düşük enerji değeri sebebiyle de dikkat çekmektedir (Aktaş ve diğ. 2016, Gil ve diğ. 2006, Solval ve diğ. 2012). Aynı zamanda polifenol antioksidanlar açısından da zengin olması sebebiyle kardiyovasküler sistem hastalıkları üzerine olumlu etkileri bulunmaktadır. Bu biyoaktif polifenollerin (özellikle flavanoidler) kalp krizini önleme ve endotel sağlığını iyileştirmede anahtar rol oynayan nitrik oksit oluşumunu düzenlediği bildirilmektedir (Maietti ve diğ. 2012).

1.2 Karpuz Yetiştiriciliği ve Morfolojik Özellikleri

Orijini Güney Afrika'nın kurak bölgeleri olduğu düşünülen karpuz (*Citrullus lanatus*), *Cucurbitaceous* familyasına ait tek yıllık bir meyvedir (John ve diğ. 2021). 2020 yılında dünyada yaklaşık 161 milyon ton karpuz üretilmiş olup, yaklaşık 60 milyon ton ile Çin karpuz üretiminde birinci sırada yer almaktadır (FAOSTAT 2022).

Türe göre değişmekle birlikte karpuz yuvarlak, oval veya dikdörtgen şekilli olabilmektedir. Kabuğu koyu yeşil renkte veya olgunlaştığında sarımsı yeşile dönen soluk yeşil çizgili olup pürüzsüz bir yapıya sahiptir (Falade ve diğ. 2007).

1.2.1 Kimyasal Bileşimi ve Biyoaktif Özellikleri

Karpuz (*Citrullus lanatus*) insan sağlığına faydalı olduğu bildirilen besin maddeleri ve fitokimyasalları içeren egzotik bir meyvedir (Choudhary ve diğ. 2015, Maoto ve diğ. 2019). Yüksek su içeriği sebebiyle ferahlatıcı etkisinin olması, mineraller açısından zengin olması, uçucu bileşenleri ve yüksek şeker konsantrasyonu sebebiyle lezzetli olması, karotenoidler (likopen ve β -karoten) gibi pek çok fitokimyasal bileşen içermesi sebebiyle sağlık üzerine olumlu etkileri bulunması karpuzun çok tercih edilen bir meyve olmasını sağlamıştır (Bianchi ve diğ. 2018). Özellikle likopen ve β -karoten açısından oldukça zengin olan karpuz, bu nedenle antioksidan aktiviteye sahiptir (Bianchi ve diğ. 2018). B, C ve E vitaminlerinin yanı sıra fosfor, magnezyum, kalsiyum ve demir gibi mineraller için de iyi bir kaynaktır (Romdhane ve diğ. 2017).

Vitaminlerin (A, B, C ve E), mineral tuzların (K, Mg, Ca ve Fe) ve spesifik amino asitlerin (sitrülin ve arjinin) yanı sıra karpuz, karotenoidler ve fenolikler gibi çok çeşitli besin ögesi içermektedir. Karpuz mezokarp hücrelerinin kromoplastları, ana karotenoid olarak (%70-90) likopen sentezlemekte ve depolamaktadır. Likopen, olgun meyvelerin etinin tipik kırmızı renginden sorumlu olup, bu kırmızı pigment, tüm diyet antioksidanları arasında en yüksek antioksidan aktiviteye sahiptir. Taze karpuz, insanlar için biyoyararlanımı yüksek olan likopenin önemli bir kaynağını oluşturmaktadır. Öyle ki taze karpuzdaki likopenin biyoyararlılığı ısıl işlem görmüş domatesteki likopene eşdeğerdir (Edwards ve diğ. 2003). Ek olarak, karpuz önemli miktarlarda fenolik madde içermektedir. Bu önemli ikincil metabolitler, yüksek verimli peroksil-radikal süpürme aktivitesi ve dolayısıyla potansiyel farmakolojik etkiler sergilemektedir. Fenolikler arasında flavonoidler, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) oksidasyonunu azaltmakta ve reaktif oksijen radikallerini söndürerek kardiyovasküler hastalık ve kanser riskini düşürmektedir. Bununla birlikte karpuz meyveleri, iyi bir C vitamini kaynağı olarak tanımlanmakta olup, askorbik asitin serbest radikallere karşı antioksidan aktivitesine ek olarak, kolajen, steroid ve peptid hormonlarının ve nörotransmitterlerin sentezini içeren çok sayıda biyolojik fonksiyona da sahiptir (Tlili ve diğ. 2011^b).

1.3 Gıdaların Kurutulması

Meyve, sebze, baharat ve otlar gibi tarım ürünleri besin değeri ve biyoaktif özellikleri sebebiyle sağlıklı yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Günlük diyetle belli miktarda meyve ve sebze tüketiminin, dejeneratif hastalıklar, kardiyovasküler rahatsızlıklar ve kanser gibi pek çok problemin önlenmesi veya azaltılmasıyla yakından ilişkili olduğu bildirilmiştir (da Cunha ve diğ. 2020, Gomez-Garcia ve diğ. 2020, Tepe ve diğ. 2022). Bu ürünler yüksek nem içeriğine (%80-95) sahip olduğu için mikrobiyal zararlanmalara karşı oldukça hassastırlar ve bu da raf ömrünü azaltarak hasat sonrası kayıpların artmasına neden olmaktadır (Oladejo ve diğ. 2017, Osae ve diğ. 2020). Ayrıca meyve-sebze gibi tarım ürünlerinin mevsimsel olması yıl boyu tüketilebilir olmasının önünde büyük bir engel teşkil etmektedir. Bu sebeple uygun bir muhafaza yöntemi ile meyve ve sebzelerin korunması önem arz etmektedir.

Bilinen en eski muhafaza yöntemlerinden biri olan kurutma veya dehidrasyon gıda maddelerinin nem içeriğinin düşürülmesini amaçlar. Kurutma ile su aktivitesi azaltılarak mikrobiyal gelişme ve biyokimyasal reaksiyonlar sınırlanmaktadır (Tepe ve Tepe 2020). Bununla birlikte gıdaların kurutulması raf ömrünün uzatılması, paketlenme, depolama ve taşıma maliyetlerinin azalması, sezon dışı tüketilebilirliğin artması ve tüketiciler için daha geniş bir ürün yelpazesi sunulması gibi avantajlar sağlamaktadır (Moses ve diğ. 2014).

Gıdanın kurutulması ısı ve kütle transferinin eş zamanlı olarak meydana geldiği karmaşık bir süreçtir. Isı transferi prosesi gıdanın yüzeyindeki buharın uzaklaştırılması için ortam ve gıda arasındaki ısı alışverişinden kaynaklanırken, kütle transferi ise gıdanın içinde bulun nemin yüzeye taşınımı ile gerçekleşmektedir (Dinçer ve Zamfirescu 2016). Kuruma sırasında meydana gelen bu kütle transferi ise gözenek yüzeyinde yüzey difüzyonu; nem konsantrasyonu farklılığının sebep olduğu sıvı veya buhar difüzyonu; granüler ve gözenekli gıdalarda yüzey kuvvetlerine bağlı olarak gerçekleşen kapiler hareketler olmak üzere üç farklı mekanizma ile meydana gelmektedir (Tepe ve Tepe 2020, Erbay ve İçier 2010, Inyang ve diğ. 2018). Higroskopik bir ürün olan gıdanın kuruması genellikle sabit kuruma hızını takip eden bir veya daha fazla azalan kuruma hızı periyodunda gerçekleşmekte olup, denge nem

içeriğine ulaşıldığında sona ermektedir (Inyang ve diğ. 2018). Sabit kuruma hızı periyodu temel olarak yüzeydeki serbest suyun uzaklaştırıldığı süreç şeklinde tanımlanmaktadır ve gıdanın içinden yüzeye doğru gerçekleşen nem transferi, gıdanın yüzeyindeki doymuş nem oranınının sabit kalmasına yettiği sürece devam etmektedir (Erbay ve İçier 2010, Tepe ve Tepe 2020). Sabit kuruma hız periyodu, gıdanın yüzey alanı, kuru hava ve gıda arasındaki sıcaklık farkı, hava hızı ve akış yönü, bağıl nem, ısı ve kütle aktarım katsayıları gibi dış faktörler tarafından etkilenen yüzeye dayalı bir süreçtir (Inyang ve diğ. 2018, Srikiatden ve Roberts 2007).

Sabit kuruma hızı periyodunun sonuna doğru gıdanın içindeki nem, kapiler borularla yüzeye doğru taşınmaktadır. Kritik nem düzeyine ulaşıldığında ise birinci azalan kuruma hızı periyodu başlamaktadır. Bu periyot doymamış yüzey kuruması olarak da adlandırılmakta olup, gıdanın içinden yüzeye doğru gerçekleşen nem transferi yüzeydeki buharlaşmadan daha az olduğu için kuruma hızı azalmaktadır. Azalan kuruma hızı periyodu, gıdanın nem içeriği, sıcaklığı ve yapısı gibi iç faktörlere bağlı olarak devam eden bir süreçtir (Inyang ve diğ. 2018, Srikiatden ve Roberts 2007). Meyve ve sebzelerin çoğunda başlangıç nem içeriği kritik nem düzeyine çok yakın olduğu için bu tür ürünlerin kurutulmasında genellikle sabit kuruma hızı periyodu gözlenmemektedir (Srikiatden ve Roberts 2007).

Gıdanın yüzeyindeki su tamamen buharlaştığında, diğer bir deyişle suyun kısmi basıncı doyma noktasının altına düştüğünde, ikinci azalan kuruma hızı periyodu başlamaktadır. Nem konsantrasyonu farkından kaynaklanan buhar difüzyonu, bu periyotta gerçekleşen baskın difüzyon mekanizması olup, iç faktörler de süreç üzerine etkisini devam ettirmektedir (Erbay ve İçier 2010). Gıdanın buhar basıncı, kurutma havasının kısmi buhar basıncına eşit olduğunda daha fazla kurumanın gerçekleşemeyeceği denge nem içeriğine ulaşılmaktadır (Srikiatden ve Roberts 2007).

1.3.1 Gıdaların Kurutulmasında Kullanılan Yöntemler

Kurutma yöntemleri en basit haliyle doğal ve yapay kurutma teknikleri olarak ikiye ayrılmaktadır. Güneşte kurutma ve güneş destekli kurutma sistemleri doğal kurutma yöntemleri olup, bu sistemlerde suyun uzaklaştırılması için gerekli enerji

güneş enerjisinden sağlanmaktadır (Toshniwal ve Karale 2013). Güneşte kurutma antik çağlardan beri en yaygın kullanılan kurutma yöntemlerinden biri olsa da hijyenik bir uygulama olmaması, iklim koşullarına bağlı olarak kurutmanın her zaman aynı performansla gerçekleşmemesi, haşere, böcek ve toz gibi dış etkenlere maruziyetin fazla olması ve geniş kurutma alanına ihtiyaç duyulması bu tekniğin en büyük dezavantajlarıdır (Top ve diğ. 2019). Güneş destekli kurutma sistemlerinde güneşte kurutmaya göre nispeten daha iyi şartlar sağlanmış olmasına rağmen kuruma için uzun zaman gerektirmesi sebebiyle bu teknik de verimli bir yöntem olarak değerlendirilmemektedir (Delfiya ve diğ. 2022).

Sıcak hava, akışkan yatak, mikrodalga, dondurarak kurutma gibi yapay kurutma sistemleri kuruma süresini kısaltması, daha kaliteli son ürün elde edilmesi ve sıcaklık, hava akışı, bağıl nem gibi kurutma parametrelerinin kontrol altında tutulabilmesi gibi avantajlara sahiptir. Yapay kurutma sistemleri gıdadaki suyun uzaklaştırılması için gerekli olan ısının taşınımına göre konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyon kurutma olarak üçe ayrılmaktadır. Konveksiyon kurutma sistemlerinde evaporasyon için gerekli olan ısı bir gaz tarafından taşınmaktadır ve bu gaz genellikle sıcak hava olduğu için sıcak hava kurutma sistemleri olarak genellenmektedir. Kondüksiyon kurutma sistemlerinde ise gerekli ısı gıdanın temas ettiği sıcak bir yüzeyden kondüksiyon ile karşılanmaktadır. Herhangi bir taşıyıcıya ihtiyaç olmadan doğrudan radyasyon kaynağından ısının iletildiği sistemler de radyasyon kurutma sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Cemeroğlu 2013^a).

Sıcak hava kurutma sistemleri en yaygın kullanılan kurutma yöntemlerinden olup, kabin, tünel ve konveyör kurutucuların yanı sıra, akışkan yatak ve püskürtmeli kurutma sistemleri sıcak hava ile kurutma yapan sistemlerdir. Prensip olarak kabin, tünel ve konveyör kurutucular birbirine benzer olup; kurutulacak gıda kabin ve tünel tipi kurutucularda ızgara şeklindeki tepsilere (kerevet), konveyör kurutucularda ise sürekli hareket eden paslanmaz çelik bir bant üzerine yerleştirilerek sürekli sıcak hava akışı olan ortamda kurumaya bırakılmaktadır (Cemeroğlu 2013^a, Baysal ve İçier 2010). Sıcak hava ile çalışan bir diğer kurutma yöntemi akışkan yatak kurutma sistemidir. Bu sistemde bezelye gibi partikül şeklindeki gıdalar sıcak hava akımının etkisiyle havada asılı kalarak kurumaya tabi tutulmaktadır. Bu akışkanlık sayesinde yüzey alanı arttığından kuruma daha hızlı gerçekleşmekte, ayrıca yatak boyunca

sıcaklık homojen dağıldığından sabit kuruma hızı periyodu uzamaktadır. Ancak gıdanın yapısı ve partikül büyüklüğü gibi etkenler bu tip kurutma sistemlerinin kullanımını sınırlandırmaktadır (Baysal ve İçier 2015, Law ve Mujumdar 2006, Sivakumar ve diğ. 2016). Püskürtmeli kurutma sistemleri de temel olarak sıcak havadan yararlanılan sistemlerdir. Bu sistemde sıcak hava üzerine atomize edilerek püskürtülen sıvı gıdalardan, düzgün küre şeklindeki kuru toz partikülleri elde edilmektedir. Yüksek kuruma hızı, son ürün stabilitesinin yüksek olması, ürünün besleyici ve duyuşsal özelliklerinin daha iyi korunabilmesi gibi avantajları bulunmasına rağmen, sadece sıvı gıdalara uygulanabilmesi ve kurulum maliyetinin yüksek olması sebebiyle bu sistemin kullanımını da sınırlanmaktadır (Tontul ve Topuz 2017, Shishir ve Chen 2017).

Dondurarak kurutma (liyofilizasyon), gıdanın dondurulması, vakum altında süblimasyonun gerçekleşmesi ve son olarak süblimasyondan sonra bağılı suyun da uzaklaştırılması (desorpsiyon) aşamalarından oluşan bir kurutma tekniğidir. Bu teknikte kurutmanın düşük sıcaklıklarda gerçekleşmesi, ortamdaki suyun donmuş olması ve vakum altında gerçekleştiği için ortamda oksijen bulunmaması gibi sebeplerle son ürün kalitesi yüksek kuru gıdalar elde edilebilmektedir. Ancak maliyetinin yüksek olması bu sisteminin endüstriyel kullanımını sınırlamaktadır (Cemeroğlu 2013^a, Baysal ve İçier 2015, Ratti 2013, Fissore ve diğ. 2018).

Isı taşınımının radyasyonla gerçekleştiği mikrodalga kurutma tekniğinin temeli, elektromanyetik dalgaların gıdanın içinden geçmesi sırasında moleküllerin titreşimi ile meydana gelen hacimsel ısınmaya dayanmaktadır. Bu titreşim gıdadan suyun uzaklaştırılması için kullanılan termal enerjiyi oluşturmaktadır. Hacimsel ısınma sağladığı için bu sistemde geleneksel kurutma yöntemlerine göre enerji verimliliği yüksek, maliyeti düşük, yüksek kaliteli kuru gıdalar üretilebilmektedir. Ancak işlem sırasında ısının ve kütle aktarımının kontrolsüz olması sebebiyle ürün zarar görebilmektedir. Bu nedenle mikrodalga kurutma genellikle sıcak hava veya vakum kurutma gibi diğere yöntemlerle kombine şekilde kullanılmaktadır (Calín-Sánchez ve diğ. 2020).

Kullanılan geleneksel yöntemlerin dışında son yıllarda geliştirilen yeni kurutma teknikleri de bulunmaktadır. Kızılötesi kurutma, kırınım pencereleli kurutma,

patlatmalı puf kurutma, radyo frekans kurutma ve ısı pompalı kurutma bu tür tekniklerdendir. Kızılötesi kurutma tekniğinde, kızılötesi radyasyon enerjisi ısıtma kaynağından ürün yüzeyine aktarılarak kuruma gerçekleşirken, bu süreçte ortamdaki hava ısıtılmamaktadır (Calín-Sánchez ve diğ. 2020). Radyo frekans kurutma tekniğinde de mikrodalgalarda olduğu gibi hacimsel ısınma sağlanmaktadır. İyonik göç ve dipol dönüşü moleküller arasında sürtünme yaratarak ısı oluşumuna neden olmakta ve böylelikle dipol yapıda olan su da ısınarak buharlaşmaktadır (Calín-Sánchez ve diğ. 2020, Zhou ve Wang 2019). Radyo frekans kurutma, konveksiyonel kurutma sistemlerine göre daha hızlı olması, radyo frekans dalgaların penetrasyon gücünün mikrodalgalara göre daha yüksek olması sebebiyle gıdadaki dağılımının daha kolay olması ve enerji verimliliği gibi önemli avantajlara sahiptir (Altemimi ve diğ. 2019). Kırınım pencere kurutmada ise ısıtma ortamı olarak su kullanılmakta olup, ısı konveksiyon, kondüksiyon ve radyasyon yoluyla taşınmaktadır (Zalpouri ve diğ. 2020). Bu sistemde su banyosunun üzerinde bulunan polyster bir “pencere” üzerine püre veya sıvı haldeki gıda yayılarak kuruma sağlanmaktadır. Bu pencere üzerinde ürün bulunmadığında, su ve hava arasındaki kırılma indisi uyumsuzluğu çok yüksek olup, plastik-su ara yüzeyindeki ışınma enerjisi çoğunlukla geri yansıtılmaktadır. Kurutulacak gıda bu plastik pencere üzerine yayıldığında su-plastik-gıda sisteminde su ve gıda arasındaki kırılma indisi uyumsuzluğu büyük ölçüde azalmaktadır. Böylelikle kırılma indisleri birbirine yaklaşarak ara yüzeydeki yansıma azalmakta ve ışınma enerjisinin gıdaya iletimi artmaktadır. Kırılma penceresi nemli malzemeyle temas halindeyken plastik malzeme hiç yokmuş gibi termal radyasyonun plastik malzemedan geçmesine olanak sağlamaktadır ki bu durumda kırınım penceresi açıktır. Ancak bu kırınım penceresi kurutma işlemi boyunca açık kalmamaktadır. Gıda kurudukça kırılma indisi artmakta ve uyumsuzluk yaratmakta ve termal radyasyonun suya yansımaya sebep olmaktadır (Ortiz-Jerez ve diğ. 2015). Patlatmalı puf kurutma sisteminde gıdanın dokusu yüksek basınç, doymun veya kızgın buhar kullanılarak gevşetilmekte ve gıdadaki nem vakum altında uzaklaştırılmaktadır (Köprüalan ve diğ. 2019). Basınçtaki değişimler suyun hızla buharlaşmasını sağlarken gıda gözenekli ve puf yapı kazanmaktadır. Patlatmalı puf kurutma tekniği ile son ürününün fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinin daha iyi korunmaktadır (Baysal ve İçier 2015, Feng ve diğ. 2021).

1.3.2 Hibrit Kurutma Sistemleri

Modern kurutma teknolojilerinin arasında, sıcak hava kurutma sistemleri çok büyük bir paya sahiptir. Ancak tek başına sıcak hava kurutma tekniği enerji verimliliği, proses ekonomisi ve en önemlisi ürün kalitesi açısından iyi bir sistem sunamamaktadır. Sıcak hava ile kurutulmuş gıdalarda genellikle fiziksel görünüş, büzüşme, aroma kaybı, dokuda sertleşme ve düşük besin değeri gibi kalite kayıpları görülmektedir. Geçmişten günümüze yüksek ürün kalitesi, daha iyi proses maliyeti ve daha sürdürülebilir bir çevre için birden fazla kurutma tekniğinin kombin olarak kullanılması araştırılmaktadır. Bu da birden fazla kurutma mekanizması veya karakteristiğinin birleştirilerek tek bir sistemde kullanılmasına olanak sağlayan hibrit kurutma tekniklerinin gelişmesine olanak sağlamıştır (Hii ve diğ. 2021).

Hibrit kurutma sistemlerinde tipik olarak, farklı ısı transfer mekanizmalarına sahip iki veya daha fazla kurutucu birleştirilmekte veya entegre edilmekte ve bu kurutucular nihai nem içeriği, gıda güvenliği, renk, doku, tat, koku ve besin içeriği gibi ürün kalite gereksinimlerini karşılamanın yanı sıra enerji verimliliğini arttırmaktadır (Hii ve diğ. 2021). Bununla birlikte hibrit kurutma teknikleri farklı metotların avantajlarını birleştirirken, bireysel kurutma metotlarına ait sınırlamaları da en aza indirmelidir (Hnin ve diğ. 2019).

Mikrodalga destekli kurutma, (a) hacimsel ısıtma sağlaması nedeniyle nemi ürünün yüzeyine pompalaması ve böylelikle ürünün sertleşmesinin önlenmesi; (b) ısı ve kütle difüzyonunu artırarak kuruma hızı artırması; (c) diğer kurutma yöntemleriyle birleştirilmesiyle kurutulan ürünün kalitesini iyileştirmesi; (d) Uzaklaştırılması zor olan bağlı su moleküllerinin mikrodalgalar tarafından uyarılabilmesi gibi sebeplerle artan bir ilgi görmektedir. Performansı artırmak için mikrodalga genellikle sıcak hava kurutma, dondurarak kurutma, vakumla kurutma veya ozmotik kurutma ile kombin edilmektedir. Ancak dondurarak ve vakumla kurutma daha yüksek sermaye ve işletme maliyeti gerektirdiğinden, genellikle mikrodalga destekli sıcak hava kurutma tercih edilmektedir. Ayrıca, sıcak hava kurutmanın uzun kuruma süresi ve yüksek sıcaklık nedeniyle gıdaların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana gelen kayıplar mikrodalga destekli kurutma ile azaltılabilmektedir. Bunun sebebi ise mikrodalgaların difüzyon hızını artırması ve yüzeye yeterli nem sağlanması ile ilişkilendirilmektedir

(Kumar ve Karim 2019). Mikrodalga destekli sıcak hava kurutma farklı şekillerde uygulanabilmektedir. Bunlardan ilki mikrodalga ısıtmayı takiben sıcak hava uygulaması olup bu uygulamanın temel ilkesi, kurutmanın başında mikrodalga ısıtma ile ürünün içindeki nemin yüzeye doğru hareket etmesine olanak sağlayacak şekilde ürünün hızlıca ısıtılması ve yüzeydeki nemin sıcak hava uygulaması ile uzaklaştırılmasıdır. İkinci yöntem sabit kuruma hızı periyodundan sonra mikrodalga uygulaması olup burada ürünün yüzeyi kurudur ve nemin büyük bir kısmı ürünün merkezinde yer almaktadır. Bu aşamada ısı dahil olarak üretilmektedir ve oluşan buhar basıncı nemin ürün yüzeyine hareket etmesine neden olmaktadır. Sıcak hava, ilk azalan kuruma hızı periyodundan sonra sisteme verilmektedir. Hava akışının aralıklı değişimi sırasında, hava akışındaki sürekli değişiklik nedeniyle ürün gevşemekte ve nem konsantrasyon gradyanları azalmaktadır. Nem yüzeye difüze olarak, sıcak hava akımı ile ortamdaki havaya transfer olmaktadır. Üçüncü yöntemde ise mikrodalga kurutmanın sonunda uygulanmaktadır. Bu uygulamada üründe büzüşme meydana gelerek nem difüzyonuna etki etmekte ve böylece kuruma hızında azalmaya sebep olabilmektedir. Sonuncu yöntemde ise mikrodalga ve sıcak hava eş zamanlı uygulanmakta olup, ısınma oldukça hızlı ve yeterli bir şekilde gerçekleşmektedir. Kuruma devam ederken, sistemdeki sürekli enerji girişi ürünün iç kısmında ısı oluşumuna, ürün içindeki sıcaklığın artmasına, kütle transferine ve buhar basıncına neden olmakta, bu da nemin yüzeye hareket etmesine ve böylece kurumanın hızlanmasına sebep olmaktadır (Onwude ve diğ. 2016^a).

Sıcak havanın dışında mikrodalga destekli dondurarak kurutma ve mikrodalga destekli vakum kurutma da kullanılan hibrit yöntemler arasında yer almaktadır. Mikrodalga destekli dondurarak kurutmanın en büyük avantajı, geleneksel dondurularak kurutulmuş ürünlere göre kuruma süresinin azalması, ürün içerisinde enerji dağılımının hızlı olması, azalan kuruma hızı periyodunda etkili bir kuruma sağlaması, yüksek enerji tasarrufu ve uçucu bileşenlerdeki kaybın azalması olarak sıralanmaktadır (Ekezie ve diğ. 2017). Mikrodalga destekli vakum kurutmanın en önemli faydası ise kurutulan ürünlerdeki kimyasal ve fiziksel değişiklikleri en aza indirecek düzeyde hızlı dehidrasyon sağlamasıdır (Ekezie ve diğ. 2017). Bununla birlikte enerji verimliliğinin yüksek, maliyetin düşük ve son ürün kalitesinin yüksek olması bu sistemin öne çıkan avantajları arasında yer almaktadır. Mikrodalga destekli vakum kurutmanın en büyük sınırlaması ise mikrodalga radyasyonunun, ürünün

kenarlarında ve köşelerinde aşırı ısınmaya sebep olabilecek şekilde düzensiz dağılımıdır (Calín-Sánchez ve diğ. 2020).

1.3.3 Gıdaların Kurutulmasında Kullanılan Ön İşlemler

Gıdaların muhafazasında bilinen en eski yöntemlerden biri olan kurutma su aktivitesini düşürerek mikrobiyal ve biyokimyasal bozulmaları durdurmak veya yavaşlatmayı hedeflemektedir. Ancak kurutulmuş gıdanın son ürün kalitesi kurutmada kullanılan yöntemle ilgili olarak değişmektedir. Genel olarak, düşük sıcaklıklarda (dondurarak kurutma gibi) yürütülen kurutma işlemleri daha uzun kurutma süreleri gerektirmektedir. Daha yüksek sıcaklıklarda yürütülen kurutma işlemleri ise kuruma süresini azaltırken kalite kayıplarına neden olmaktadır (Llavata ve diğ. 2020). Bununla birlikte, meyve ve sebzelerdeki koruyucu tabakaların varlığı, kurutma sırasında nemin uzaklaşmasını engelleyerek kuruma süresinin uzamasına ve genel ürün kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu dezavantajı gidermek için kurutmadan önce enzimlerin etkin bir şekilde inaktivasyonuna ve oksidasyonun engellenmesine olanak sağlayacak şekilde geçirgenliği artırıp kuruma hızını artıracak ön işlemler uygulanabilmektedir (Basse ve diğ. 2021). Sıcak suya daldırma, sitrik asit çözeltisine daldırma, etanole daldırma ve ultrases uygulamaları sıklıkla kullanılan tekniklerdir.

Sıcak suya daldırma, kurutmadan önce kullanılan yaygın bir ön işlem olup, taze ürünlerin birkaç dakika boyunca 70 ila 100°C arasında değişen sabit sıcaklıktaki sıcak suya daldırılmasını içermektedir. Genel olarak, sıcak suya daldırma, enzimleri inaktive ederek, mikroorganizmaları yok ederek veya hücreler arası havayı dokulardan dışarı atarak kalitenin bozulmasını önlemekte kullanılmaktadır. Aynı zamanda, hücre zarlarının geçirgenliği, mumsu yapının ayrışması ve meyve-sebzelerin kabuğunda ince çatlakların oluşması gibi fiziksel özelliklerini değiştirerek kuruma hızının artırılmasına da yardımcı olmaktadır (Deng ve diğ. 2019). Selülozu parçalayan ve hücre zarlarını parçalayan, hücre duvarının gözenekliliğini değiştiren sıcak suya daldırma ön işlemi, biyoaktif bileşiklerin ekstraksiyonunun verimliliğini de arttırmaktadır (Ciurzyńska ve diğ. 2021). Sıcak suya daldırma işleminin maliyeti düşük olup kolay kullanım olanağı sağlamaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemde, gıdalar uzun bir süre boyunca yüksek sıcaklığa maruz kaldığı için özellikle ısıya hassas

ve suda çözünebilir bileşiklerde kayıplara neden olabilmektedir. Ayrıca işlem sonrası atık-sıvı arıtma işlemi zor ve maliyetli bir proses olup, fazla miktarda atık su açığa çıkmaktadır (Geng ve diğ. 2022).

Ultrases, gıda endüstrisinde kapsamlı uygulamaları olan termal olmayan bir teknoloji olup kurutma da ön işlem olarak kullanılabilir. Ultrases, 20 kHz ile 100 MHz arasında frekansta mekanik, termal, optik ve tersinir bir manyetik ve elektriksel yöntem kullanarak elastik dalgalar oluşturmaktadır. Ultrases dalgaları frekans aralığına göre düşük enerjili düşük yoğunluklu, yüksek frekanslı (100 kHz'den yüksek) ve yüksek enerjili yüksek yoğunluklu, düşük frekanslı (20 ile 100 kHz arasında) olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Birinci tip dalgalar, gıdanın kalitesini kontrol etmek ve gıda üretim sürecindeki değişiklikleri izlemek için kullanılan tahribatsız bir yöntem olarak kabul edilmektedir. İkinci tip yüksek yoğunluklu ultrases ise hücresel yapıları kırarken, gıdadaki kimyasal veya fiziksel değişikliklerin aktive veya inhibe ederek ısı ve kütle transferine dayalı süreçleri arttırmaktadır (Cieurzyńska ve diğ. 2021).

Ultrasonikasyon süreci tipik olarak, mekanik ve termal uyarmanın yaratılmasıyla sağlanan akustik akış, kavitasyon, sünger etkisi ve mikroskobik kanal oluşumları gibi reaksiyonlar yoluyla gıdanın parçalanması için yüksek frekanslı ultrason dalgalarının kullanımını içermektedir (Wang ve diğ. 2018). Bu reaksiyonlar, hücre bozulmasına ve gıda hücrelerinin geçirgenleşmesine yol açan yayılma ortamına bağlı olarak kütle taşıma fenomeninde bir artışa neden olmaktadır (Basse ve diğ. 2021). Ses dalgaları sıvı bir ortamla temas ettiğinde kabarcıkların oluşumu, büyümesi ve çökmesi ile karakterize olup, bu olay kavitasyon olarak adlandırılmakta ve böylece gıdanın yapısında binlerce kabarcık ve boşluk oluşmaktadır. Ultrasesin, ultrases mekanik dalgalanma ve kavitasyon etkisinin neden olduğu doğrudan ("sünger etkisi") ve dolaylı etkiler (mikro kanal oluşumu) gıdalarda kütle transferini iyileştirmektedir (Deng ve diğ. 2019). Ultrases uygulaması sırasında, gıda dokusu darbeleri ultrasonik dalgalar tarafından hızla sıkıştırılıp genişlemekte, böylelikle mikro kanalların oluşmasına neden olan ve hücre içi nemin yüzeye yayılmasını kolaylaştıran "sünger etkisi" ortaya çıkmaktadır. Bununla birlikte, ultrases ön işlemi ile bitki dokusunun hücre içi boşluğunda çözünmüş oksijen uzaklaştırılarak kurutma sırasında ısı ve kütle transferini kolaylaştırmaktadır (Liu ve diğ. 2017, Wang ve diğ. 2019). Ultrases

dalgaları bir ortam boyunca hareket ettiğinde hem iç hem de dış dirençleri etkileyerek sistemdeki kütle transfer sürecini yoğunlaştırabilmektedir.

Ön işlem olarak uygulandığında ürün sıvı bir ortama (damıtılmış su veya ozmotik çözelti) daldırılarak ultrases dalgalarına maruz bırakılmakta ardından kurutulmaktadır. Bu ön işlem, ultrases dalgalarının ürünlerde mikro kanal oluşumu gibi yapısal değişikliklere neden olması nedeniyle kurutma işlemi sırasında iç direnci azaltarak kuruma hızını arttırmaktadır (Ricce ve diğ. 2016).

Vejetatif hücrelere, sporlara ve enzimlere karşı etkili olan ultrases uygulaması kütle transferinde iyileşme sağlayarak kuruma süresini kısaltma, ürün kalitesinde artış ve enerji tasarrufu gibi avantajlara sahip olmasına rağmen, dokuda oluşan hasar sebebiyle gıdada bulunan biyoaktif bileşenler uygulama sıvısına geçerek miktar olarak azalmaktadır (Deng ve diğ. 2019, Osae ve diğ. 2020).

Etanole daldırma ön işlemi de basit ama etkili bir teknik olup etkisi, hücre duvarı bileşenlerini çözme, yapıda değişikliklere neden olma ve geçirgenliğini artırma yeteneğine dayanmaktadır. Ayrıca, etanol ile gıdanın su içeriği arasında bir yüzey gerilimi gradyanı oluşumuna dayanan Marangoni etkisi, nem taşınımını önemli ölçüde artırabilmektedir (Llavata ve diğ. 2020). Kurutma sırasında örnek üzerinde yüzeysel olarak kalan etanol hızla buharlaşmakta böylece, örneğin içinde bir yüzey gerilimi gradyanı oluşmaktadır. Etanolün sudan daha hızlı buharlaşması sebebiyle örnek yüzeyinde etanolden daha fazla su kalmakta ve bu bölge, daha yüksek bir yüzey gerilimine sahip olmaktadır. Böylelikle örneğin içinde bulunan su dengeye ulaşana kadar yüzeye doğru transfer edilmektedir. Bu olgu Marangoni etkisi olarak tanımlanmaktadır (Rojas ve Augusto 2018, Llavata ve diğ. 2020).

Etanol ön işlemi daha sıkı, hücre duvarı daha ince ve hücreler arası havası daha az olan mikroyapılar oluşturmakta ve bu yapısal değişiklikler de nemin dokudan uzaklaştırılmasını kolaylaştırmakta, dolayısıyla kuruma süresini azaltmaktadır. Ayrıca etanole daldırma ön işlemi oksidasyonu önleyerek ve kuruma süresini kısaltıp ürünlerin yüksek sıcaklığa maruziyetini azaltarak biyoaktif bileşenlerdeki kaybın daha az olmasına olanak sağlamaktadır (Llavata ve diğ. 2020).

Asit çözeltilisine daldırma ön işlemi enzimlerin inaktive edilmesi, pigment stabilitesinin artırılması ve tarımsal ürünlerin dokusunun değiştirilmesi yoluyla ürün kalitesini iyileştirmek için sıklıkla kullanılmaktadır. Ortamın pH'sı 3'e düşürüldüğünde optimum çalışma pH'sı 6-7 olan polifenol oksidazın aktivitesi inhibe edilebilmekte, dolayısıyla enzimatik esmerleşme hızı azalmaktadır. Bununla birlikte, betalainler ve antosiyaninler gibi pigmentlerin stabilitesi asidik koşullarda artmakta ve asidik çözeltilerin şelatlama özelliklerinden dolayı ürünün dokusu korunabilmektedir (Deng ve diğ. 2019). Organik bir asit olan sitrik asit, pektinin jelleşmesini, hidrolizini ve depolimerizasyonunu değiştirerek doku özelliklerini değiştirebilmekte, bu da nemin dokudan uzaklaşma oranını arttırmaktadır (Liu ve diğ. 2021). Aynı zamanda sitrik asit çözeltilisine daldırma ön işleminin β -karoten biyoelverişliliğini arttırdığı bildirilmiştir (Hiranvarachat ve diğ. 2011). Sitrik asit ön işleminin meyve ve sebzelerin renginin korunması ve kuruma hızının artırılması üzerindeki etkileri, çözelti konsantrasyonu, daldırma süresi ve sıcaklıktan etkilenmektedir (Liu ve diğ. 2021).

1.3.4 Kuruma Kinetiği

Kuruma kinetiği ve modellemesi, uygun kurutma yöntemlerinin seçimi, ekipman tasarımı, ürün kalitesi ve bir gıda maddesinin kurutma sürecini kontrol etmek ve optimize etmek için kaçınılmaz ve çok önemlidir (Inyang ve diğ. 2018). Kuruma kinetiği, tam ölçekli deneyler yapmadan nemin uzaklaştırılmasındaki ilerlemenin anlaşılmasına ve kurutma için uygun koşulların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bununla birlikte kuruma kinetiği, nemin uzaklaştırılması ve kurutma işlemi değişkenleri arasındaki ilişkiyi açıkça ifade etmektedir (Delfiya ve diğ. 2021). Kurutma koşulları, kurutucu tipi ve kurutulacak malzemenin özelliklerinin tümü, kuruma kinetiği üzerinde bir etkiye sahiptir. Bu nedenle kuruma kinetiği modelleri, ekipman tasarımı, optimizasyonu ve ürün kalitesinin iyileştirilmesi açısından önemli parametreler olan ideal kurutma koşullarına karar vermede önemlidir (Onwude ve diğ. 2016^b). Kuruma eğrileri genellikle zamana göre yaş veya kuru bazda nem içeriği, zamana göre kuruma hızı veya nem içeriğine göre kuruma hızı olarak ifade edilmektedir (Delfiya ve diğ. 2022).

Önemli miktarda tarımsal ürün, farklı kurutma sistemlerinde suni olarak kurutulmaktadır. Bu kurutma işlemlerinin simülasyon modelleri, yeni kurutma sistemleri tasarlamak veya mevcut kurutma sistemlerini iyileştirmek için kullanılır. Çeşitli kurutma sistemlerinin simülasyonu, (a) ürün ve hava arasındaki ısı ve nem değişimini, (b) ısı ve nem transferinin adsorpsiyon ve desorpsiyon hızlarını, (c) ürün ve hava arasındaki denge ilişkilerini ve (d) nemli havanın psikrometrik özelliklerini tanımlayan ısı ve kütle transferi eşitliklerinin çözümünü içermektedir. İnce tabaka kurutma denklemi, kurutma simülasyonunun temelini oluşturmaktadır. Denklem, kurutma ürününün ince bir tabakası ile çevresindeki hava arasındaki nem değişimini temsil etmektedir (Ertekin ve Fırat 2017). İnce tabaka kurutma denklemleri, karmaşık dağıtılmış modellerden farklı olarak, kullanım kolaylığı ve daha az veri gerektirmesi nedeniyle geniş bir uygulama alanına sahiptir (Erbay ve İçier 2010).

İnce tabaka kurutmanın kinetik modellenmesi teorik, yarı teorik ve ampirik olmak üzere üç kategoriye ayrılmaktadır. Teorik modelleme denklemleri genellikle Fick'in ikinci difüzyon yasasından türetilmiştir. Yarı teorik ve ampirik modellemenin aksine, teorik modelleme hava ve malzeme arasındaki nem yayılımının hem dış hem de iç faktörlerini dikkate almakta ve malzemenin geometrisini, kütle yayılımını ve malzemenin iletkenliğini içermektedir (Onwude ve diğ. 2016^b). Bu nedenle, hataları artırma eğiliminde olan ve pratik uygulamalar için daha karmaşık hale gelen çok fazla varsayıma ihtiyaç duyulmaktadır. Yarı teorik ve ampirik modellemede, yalnızca nem difüzyonunun dış faktörlerini içerdiğinden ve esas olarak deneysel verilere dayandığından, kuruma kinetiği üzerinde daha iyi sonuçlar veren daha az varsayım kullanılmaktadır. Yarı teorik modelleme denklemleri, Fick'in ikinci difüzyon yasası, bu yasanın değiştirilmiş formları ve Newton'un soğuma yasasından türetilmektedir. Bu modeller, yalnızca modellerin geliştirildiği bir dizi kurutma ve malzeme koşulları için dikkate alınmaktadır. Yarı teorik modellerin uygulanmasını belirleyen faktörler arasında kurutma sıcaklığı, kurutma havası hızı, malzeme kalınlığı, başlangıç nem içeriği ve bağıl nem yer almaktadır (Onwude ve diğ. 2016^b). Ampirik modeller tamamen deneysel verilere bağlı olduğu için kurutma simülasyonu çok kolay olmasına rağmen malzemenin kurutma prosesi davranışı hakkında herhangi bir bilgi vermemesi bu modellerin sınırlayıcısı durumundadır (Erbay ve İçier 2010, Delfiya ve diğ. 2022). Yarı teorik kurutma modellerine örnek olarak, Page, Newton (Lewis) Logaritmik, Henderson ve Pabis, Verma ve diğ., Midilli ve Küçük, Modifiye Page iki terimli

eksponensiyel modelleri verilebilirken, ampirik modellere ise Thompson ile Wang ve Singh modelleri örnek olarak verilebilir (Özdemir ve Devres 1999). Teorik modellerin pratikte kullanımının uygun olmaması sebebiyle ağırlıklı olarak yarı teorik ve ampirik modeller tercih edilmektedir (Kutlu ve diğ. 2015).

1.3.4.1 Uygun Kinetik Modelin Belirlenmesi

Gıda ürünlerinin kurutulmasının matematiksel modellenmesi genellikle istatistiksel regresyon ve korelasyon analizi yöntemlerini gerektirmektedir. Doğrusal ve doğrusal olmayan regresyon analizleri, özellikle aralarında yerleşik bir ampirik ilişki bulunmayan farklı değişkenler arasındaki ilişkiyi bulmak için önemli araçlardır.

İnce tabaka kurutma denklemlerinde, zamana karşı boyutsuz nem oranı yer almaktadır. Bu nedenle zamana karşı nem oranı verileri grafiğe aktarılarak en iyi modelin belirlenmesi için seçilen modellerle regresyon analizi yapılmaktadır. Modellerin validasyonu farklı istatistiksel yöntemlerle kontrol edilmektedir. Literatürde en yaygın olarak kullanılan yöntemler sırasıyla korelasyon analizi, determinasyon katsayısı (R^2), indirgenmiş ki kare (χ^2) testi ve tahmini standart hata (RMSE) analizleridir. Genel olarak, korelasyon katsayısı (r), iki değişken arasındaki korelasyonun (doğrusal bağımlılığın) bir ölçüsüdür ve kuruma eğrisi denklemini tanımlamada en iyi denklemi seçmek için birincil kriterdir. Determinasyon katsayısı (R^2) ise istatistiksel model tarafından hesaplanan bir veri setindeki değişkenlik oranı olup, sonuçların model tarafından ne kadar iyi tahmin edilebileceğinin bir ölçüsüdür. 0 ile 1 arasında değerler alabilen determinasyon katsayısı değeri 1'e ne kadar yakınsa, deneysel ve tahmin edilen değerler arasında o kadar büyük bir ilişki bulunmaktadır. Bu değer, nicel karşılaştırma kriterleri için kullanılmaktadır ve ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki uyum seviyesini göstermektedir (Ertekin ve Fırat 2017). χ^2 değeri, modeller için deneysel ve tahmin edilen değerler arasındaki sapmaların ortalama karesidir ve uyumun iyilik derecesini değerlendirmek için kullanılmaktadır. χ^2 değeri ne kadar düşükse uyumun iyiliği o kadar iyidir. RMSE ise tahmini değerlerle deneysel değerler arasındaki sapmayı göstermektedir. En uygun modelin belirlenmesi için yüksek r ve R^2 değerinin yanı sıra düşük χ^2 ve RMSE değerleri gereklidir (Erbay ve İçier 2010, Kutlu ve diğ. 2015).

2. MATERYAL VE METOT

2.1 Materyal

Tezin materyali olan kanarya tipi (Canary) kavun (*Cucumis melo* var. *inodorus*) ve Crimson sweet çeşidi karpuz (*Citrillus lanatus* var. *lanatus*) örnekleri 2021 yılı Ağustos ayı içerisinde Denizli'nin Acıpayam ilçesine bağlı Akalan mahallesinden temin edilmiştir. Akalan mahallesi 961 rakımda olup, koordinatları 37 derece 22 dakika kuzey enlemi, 29 derece 21 dakika doğu boylamı şeklindedir. Örnekler aynı tarladan aynı anda hasat edilmiş olup, beklemeden hızlı bir şekilde Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Enstrümantal Analiz laboratuvarına getirilmiştir. Temin edilen meyveler şekil 2.1'de verilmiştir. Örnekler kurutma süreçleri boyunca serin ve gölge bir alanda depolanmıştır. Kurutma işlemleri örneklerin uzun süre depolanmasına fırsat verilmeden mümkün olan en kısa sürede tamamlanmıştır.



Şekil 2.1: Kavun ve karpuz örnekleri

2.2 Fiziksel Analizler

2.2.1 Renk Analizi

Kavun ve karpuz meyvelerinin meyve etlerinin renk değerleri Hunter Lab Color Miniscan XE (Model No: 45/0-L, USA) cihazı ile belirlenmiştir. Meyvelerin etli kısmına temiz bir cam konularak, boşluk kalmayacak şekilde bastırıldıktan sonra cihaz ile L^* , a^* ve b^* renk değerleri tespit edilmiştir (Cemeroğlu 2013^b). Eşitlik 2.1 yardımıyla ise Toplam renk değişimi (ΔE) değeri hesaplanmıştır (Horuz ve diğ. 2017^a). Eşitlik 2.2 kullanılarak ise esmerleşme indeksi (EI) hesaplanmıştır (Askari ve diğ. 2008).

$$\Delta E = \sqrt{(L_0^* - L^*)^2 + (a_0^* - a^*)^2 + (b_0^* - b^*)^2} \quad (2.1)$$

$$EI = \frac{100 * \left[\frac{a^* + 1,75 * L^*}{(5,645 * L^* + a^*) - (3,012 * b^*)} - 0,31 \right]}{0,17} \quad (2.2)$$

2.2.2 Kuru Madde Tayini

Örneklerin kuru madde tayini geręekleřtirilmeden önce kurutma için kullanılacak kaplar sabit tartım ağırlığına gelene kadar beklenmiş olup ardından darası belirlenmiştir. 50 g paręalanmıř kavun ve karpuz meyvesi kurutma amacıyla kullanılacak kaplara konularak 70 °C kurutma fırınında (Nüve, FN 120, Türkiye) sabit tartım ağırlığına ulaşana dek kurutulmuştur. Eşitlik 2.3 yardımıyla öneklerin % kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Cemeroğlu 2013^b).

$$Kuru\ madde\ (\%) = 100 - \left(\frac{a-b}{a} * 100 \right) \quad (2.3)$$

a: İlk örnek ağırlığı (g)

b: Son örnek ağırlığı (g)

2.2.3 Suda Çözünür Kuru Madde Analizi

Kavun ve karpuz meyvelerinin suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı masa tipi dijital refraktometre (Milwaukee MA871 Refractometer, Europe) ile belirlenmiştir. Bu amaçla homojenizatörde parçalanan kavun ve karpuz meyveleri kaba filtre kâğıdı yardımıyla süzölmüş ve ardından refraktometrenin prizmasına damlatılmıştır. Sonuçlar % briks olarak verilmiştir (Cemeroğlu 2013^b).

2.3 Kimyasal Analizler

2.3.1 pH Tayini

Kavun ve karpuz örneklerinden 50 g tartılarak blenderda ezme haline getirilmiştir. Elde edilen ezmenin üzerine 1:1 oranında saf su eklenerek 30 dakika oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra kaba filtre kâğıdından süzölmüştür (Tepe 2020). Elde edilen berrak süzöntünün pH değeri, önceden pH 4-7 ve 10 tampon çözeltileri yardımıyla kalibre edilmiş olan cam elektrot uçlu dijital pH metre (PL-700PV Gondo-Tayvan) yardımıyla ölçölmüştür.

2.3.2 Titrasyon Asitliği Tayini

Örneklerde titrasyon asitliği hesaplaması Cemeroğlu (2013^b)'ün belirttiği yöntemeye göre gerçekleştirilmiştir. Kavun ve karpuz meyvelerinden 5 g örnek alınarak üzerine 1:5 oranında saf su ilave edilmiştir. Bu karışımın 30 dakika süreyle oda sıcaklığında bekletilip, kaba filtre kâğıdından süzölmüştür. Süzöntüye pH değeri 8,1'e gelene kadar 0,1 N sodyum hidroksit (NaOH) ilave edilerek titrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Eşitlik 2.4 kullanılarak örneklerin titrasyon asitliği hesaplanmış olup sonuçlar % sitrik asit eşdeğeri (SAE) cinsinden verilmiştir.

$$\text{Titrasyon asitliğ (\%)} = \frac{V * f * E * 100}{M} \quad (2.4)$$

V: Harcanan NaOH miktarı (mL)

f: Titrasyonda kullanılan NaOH faktörü

E: Eşdeğer asit miktarı (g)

M: Titre edilen örneğin gerçek miktarı (g)

2.3.3 Kül tayini

Kavun ve karpuz meyvelerinin kül miktarı Cemeroğlu (2013^b)'ün belirttiği yöntem kullanılarak hesaplanmıştır. Önceden sabit tartım ağrılığına getirilen krozelere 5 g örnek ilave edilmiş, kül rengi oluşup, sabit tartım ağrılığına gelene kadar 550 °C'de kül fırınında (Selecta, FM 515, İtalya) yakılmıştır. Eşitlik 2.5 kullanılarak örneklerin kül miktarı hesaplanmıştır:

$$\text{Kül miktarı (\%)} = \frac{m_2}{m_1} * 100 \quad (2.5)$$

m₁: İlk örnek miktarı (g)

m₂: Yanma işlemi sonrası örnek ağrılığı (g)

2.4 Kurutma Çalışmaları

Tez çalışması için temin edilen kavun ve karpuz meyveleri yıkandıktan sonra bir bez yardımı ile kurulanmış ardından kayık şeklinde 8 eş parçaya ayrılmıştır. Ardından meyvelerin çekirdekleri uzaklaştırılmıştır. Çekirdek ayıklama işleminden sonra meyve eti kabuktan sıyrılmış olup, 1 cm eş aralıklara sahip olan paslanmaz çelik dilimleme aleti yardımı ile 1 cm ± 0,1 kalınlığında dilimlenmiştir. Kavun ve karpuz gibi yumuşak doku ve yüksek oranda su içeren ürünlerin son ürün kalınlığı açısından kabul edilebilir olması için 1 cm dilim kalınlığı tercih edilmiştir. Dilimleme aleti şekil 2.2'de gösterilmiştir. Yapılan ön denemelerde örneklerin kurutma tepelerine yapıştığı

ve sökülemediği belirlenmiştir. Literatürde benzer sorunlar ile karşılaştığı ve sorunun kurutma tepsilerine pişirme kâğıdı serilerek giderildiği belirtilmiştir. Bu sebeple örneklerin yapışmaması için kurutma tepsilerine pişirme kâğıdı serilmiş olup, kuruma süresince meyvelerin yönü değiştirilmemiştir. Dilimlenen meyveler bekletilmeden 250 g olacak şekilde metal kurutma tepsileri içinde tartılmış ve ardından kurutma fırınına yerleştirilmiştir. Dilimlenen meyveler şekil 2.3'te verilmiştir. Sıcak hava, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombinasyonları için kurutma fırını olarak Arçelik KMF 833 W sıcak hava-mikrodalga hibrit fırını kullanılmıştır. Sıcak hava-mikrodalga hibrit fırın şekil 2.4'te gösterilmiştir. Kavun ve karpuz örnekleri sıcak hava kurutma yönteminde 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarda 1 m s⁻¹ hava hızında kurutulmuştur. Mikrodalga yönteminde ise örnekler 250 g olacak şekilde polipropilen tepsilere tartılmıştır. Ardından örnekler 100, 200 ve 300 W mikrodalga güçlerinde kurutulmuştur. Mikrodalga fırında örnekler 30 saniye on / 10 saniye off yöntemi ile kurutulmuştur. Sıcak hava-mikrodalga yönteminde ise örnekler 1 m s⁻¹ hava hızında, 60 °C + 100W, 60 °C + 200W, 70 °C + 100W, 70 °C + 200W, 80 °C + 100W ve 80 °C + 200W kombinasyonları ile kurutulmuştur. 300 W mikrodalga gücü örneklerde aşırı derecede yanık oluşumuna sebep olduğu için kombinasyonlarda kullanılmamıştır. Vakum kurutma işlemi için ise vakumlu etüv (JSR, JSVO-60T, Güney Kore) kullanılmıştır. Vakumlu etüv şekil 2.4'te verilmiştir. Vakum basıncı olarak örneklerle yapılan ön denemeler sonucunda 21,3 kPa değeri seçilmiştir. Örnekler vakumlu etüvde 21,3 kPa basınçta 60, 70 ve 80 °C sıcaklıklarda kurutulmuştur. Örneklerin ağırlık değişiminin belirlenmesi amacıyla, kurutma işlemi esnasında tepsiler belirli aralıklarla fırından dışarı alınarak hassas terazi kullanılarak tartılmıştır. Bütün kurutma işlemleri ürünlerin son nem içeriği yaklaşık %10'a ulaştığında sonlandırılmıştır.



Şekil 2.2: Örneklerin kesilmesi ve dilimlenmesinde kullanılan ekipmanlar



Şekil 2.3: Dilimlenmiş kavun ve karpuz örnekleri



Şekil 2.4: Sıcak hava-mikrodalga hibrit fırını (solda) ve vakumlu etüv (sağda)

2.5 Ön İşlemler

2.5.1 Etanol Çözeltisine Daldırma

1 cm kalınlığında dilimlenmiş kavun ve karpuz örnekleri %100 ve %50'lik etanol çözeltisine 1:4 (w/v) oranında daldırılmış ve 10 dakika boyunca çözelti içerisinde bekletilmiştir. Ardından örnekler hızlı bir şekilde süzölmüş ve filtre kâğıdı yardımı ile yüzeyinde bulunan fazla çözelti uzaklaştırılmıştır. Çözeltiler tek seferlik hazırlanmış olup, etanol çözeltisine daldırılmış örnekler şekil 2.5'te gösterilmiştir. Ardından 250 g olacak şekilde kurutma tepsilerinde tartılan örnekler sıcak hava-mikrodalga hibrit kurutma fırınına yerleştirilmiştir. Örneklerin kurutma işlemi 1 m s^{-1} hava hızında $70 \text{ }^\circ\text{C}$ sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Örnek kodları $70 \text{ }^\circ\text{C} + \%50 \text{ ET}$ ve

70 °C + %100 ET olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi örneklerin nem içeriği %10 değerine ulaştığında durdurulmuştur.



Şekil 2.5: Etanol çözeltilisine daldırılan kavun ve karpuz örnekleri

2.5.2 Ultrases Uygulaması

1 cm kalınlığında dilimlenen kavun ve karpuz örnekleri 1:4 (w:v) oranında ultrasonik su banyosuna (Bandelin Sonorex Digiplus, DL 510 H, 35 kHz, Almanya) yerleştirilmiş, % 100 (640 W) ve % 50 (320 W) genlikte 30 dakika boyunca ultrases ön işlemi uygulanmıştır. Ultrases ön işleminin ardından örnekler hızlı bir şekilde filtre kâğıdı yardımı ile kurulanmıştır. Su banyosunda kullanılan su her uygulamada değiştirilmiştir. Kurulanan örnekler 250 g olacak şekilde kurutma tepsilerine yerleştirilmiştir. Örnekler 1 m s⁻¹ hava hızında 70 °C sıcaklıkta sıcak hava-mikrodalga hibrit kurutma fırınında kurutulmuştur. Örnek kodları 70 °C + %50 US ve 70 °C + %100 US olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi örneklerin nem içeriği %10 değerine ulaştığında durdurulmuştur. Ultrasonik su banyosuna ait görsel şekil 2.6'da verilmiştir.

Ultrases ön işleminin başında ultrasonik su banyosundaki suyun sıcaklığı 30 °C olarak ayarlanmıştır. Kavun örneklerinin %100 ve %50 genlikte 30 dakika ultrases ön işlemine tabii tutulmasının ardından su banyosundaki suyun sıcaklığı dijital termometre yardımı ölçülmüş ve sırası ile 39,6±0,1 °C ve 35,3±0,1 °C olarak tespit edilmiştir. Aynı şekilde karpuz örneklerine %100 ve %50 genlikte 30 dakika ultrases ön işlemi uygulanmasının ardından su banyosundaki suyun sıcaklığı sırası ile 39,2±0,1 °C ve 35,5±0,1 °C olarak tespit edilmiştir.



Şekil 2.6: Ultrases ön işlemlerinde kullanılan ultrasonik su banyosu

Ultrases uygulaması ve etanol çözeltisine daldırma sonucu meydana gelen ağırlık kaybı, su kaybı ve katı madde kazanımları sırasıyla eşitlik 2.6, 2.7 ve 2.8 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Ağırlık kaybı (AK)\%} = \frac{w_i - w_f}{w_i} * 100 \quad (2.6)$$

$$\text{Su kaybı (SK)\%} = \frac{w_i * X_i - w_f * X_f}{w_i} * 100 \quad (2.7)$$

$$\text{Katı madde kazanımı (KMK)\%} = \frac{[w_f * (1 - X_f) - w_i * (1 - X_i)]}{w_i} * 100 \quad (2.8)$$

w_i : Meyvenin başlangıç ağırlığı (g)

w_f : Meyvenin son ağırlığı (g)

X_i : Meyvenin başlangıç su fraksiyonu

X_f : Meyvenin son su fraksiyonu

2.5.3 Sitrik Asit Çözeltisine Daldırma

1 cm kalınlıkta dilimlenmiş olan kavun ve karpuz örnekleri önceden hazırlanmış %1 ve %0,5 sitrik asit içeren çözeltiye 1:4 (w:v) oranında 2 dakika süre ile daldırılmıştır. Ardından örnekler süzölmüş ve yüzeyindeki fazla çözelti filtre kâğıdı yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Kullanılan çözeltiler tek seferlik hazırlanmıştır. Bunu takiben 250 g örnek tartılarak kurutma tepsilerine dizilmiş ve kurutma fırınına yerleştirilmiştir. Kurutma işlemi 1 m s⁻¹ hava hızında 70 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Örnek kodları 70 °C + %0,5 SA ve 70 °C + %1 SA olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi örneklerin nem içeriği %10 değerine ulaştığında durdurulmuştur. Sitrik asit çözeltisine daldırılan örnekler Şekil 2.7’de gösterilmiştir.



Şekil 2.7: Sitrik asit çözeltisine daldırılan kavun ve karpuz örnekleri

2.5.4 Sıcak Suya Daldırma

1 cm kalınlığında dilimlenen kavun ve karpuz örnekleri önceden su banyosunun (Mipro) içine yerleştirilmiş ve sıcaklığı 60 ve 70 °C’ye ayarlanmış olan kaplara 1:4 (w/v) oranında olacak şekilde 2 dakika süre ile daldırılmıştır. Süre sonunda örnekler süzölüp, hızlı bir şekilde soğuk su yardımı ile soğutulduktan sonra yüzeylerinde kalan fazla miktarda su filtre kâğıdı yardımı ile uzaklaştırılmıştır. Kullanılan çözeltiler tek seferlik hazırlanmıştır. Ardından örnekler 250 g ağırlığında tartılarak kurutma tepsilerine yerleştirilmiş ve kurutma fırınında 1 m s⁻¹ hava hızında 70 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Örnek kodları 70 °C + 60 °C BL ve 70 °C + 70 °C BL olarak belirlenmiştir. Kurutma işlemi örneklerin nem içeriği %10 değerine ulaştığında durdurulmuştur. Su banyosuna daldırma işlemi Şekil 2.8’de verilmiştir.



Şekil 2.8: Sıcak su banyosu ve sıcak suya daldırılan karpuz örnekleri

2.6 Kurutma Karakteristiklerinin Belirlenmesi

2.6.1 Nem İçeriğinin Hesaplanması

Eşitlik 2.9 kullanılarak Kavun ve karpuz meyvelerinin kurutma esnasındaki nem içeriği değerleri hesaplanmıştır (Tepe ve diğ. 2022).

$$M_t = \frac{m - KM}{KM} \quad (2.9)$$

M_t : Herhangi bir zamanda örnekteki nem içeriği (g su g^{-1} KM)

m : Örneğin ağırlığı (g)

KM: Örneğin içerdiği kuru madde miktarı (g)

2.6.2 Nem Oranının Hesaplanması

Örneklerin kurutma esnasındaki nem oranı değişimleri eşitlik 2.10 yardımı ile hesaplanmıştır (Tepe ve diğ. 2022).

$$NO = \frac{M_t - M_e}{M_i - M_e} \quad (2.10)$$

NO : Örneklerin nem oranı (boyutsuz)

M_i : Örneklerin başlangıç nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

M_t : Örneklerin herhangi bir zamanındaki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

M_e : Örneklerin herhangi denge nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

M_e değeri kurutma esnasında M_t ve M_0 değerleri ile kıyaslandığında oldukça küçük bir değer olduğu için ihmal edilmektedir. (Tepe ve diğ. 2022).

2.6.3 Kuruma Hızının Hesaplanması

Örneklerin kuruma hızı hesaplanırken eşitlik 2.11'den yararlanılmıştır (Tepe ve Tepe 2020).

$$Kuruma\ Hızı = \frac{M_t - M_{t+\Delta t}}{\Delta t} \quad (2.10)$$

M_t : Örneklerin herhangi bir zamanındaki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

$M_{t+\Delta t}$: Örneklerin herhangi bir t+Δt zamanındaki nem içeriği (g su g⁻¹ KM)

Δt : İki ölçüm arasındaki zaman farkı (dakika)

2.6.4 Efektif Difüzyon Katsayısı

Tarım ürünlerinin kurutulması esnasında azalan hızda kuruma periyodu oluşmakta ve bu prosesi tanımlamak için genellikle Fick'in difüzyon eşitliği (Eşitlik 2.12) kullanılmaktadır (Sarpong ve diğ. 2018).

$$\frac{\partial M}{\partial t} = D_{eff} \nabla^2 M \quad (2.12)$$

Bu eşitlik üründe herhangi bir büzüşme olmadığı, uzun kuruma süresine sahip olduğu, sabit sıcaklık, nem transferinin ise sadece difüzyonla gerçekleştiği ve difüzyon katsayısı sabit olduğu varsayılarak dilimlenmiş ürünlerde kullanılmak amacıyla eşitlik 2.13'de ki gibi basitleştirilmiştir (Crank 1975; Tepe ve Tepe 2020):

$$NO = \frac{8}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{(2n+1)^2} \exp\left(- (2n+1)\pi^2 \frac{D_{eff}t}{4L^2}\right) \quad (2.13)$$

NO : Nem oranı

D_{eff} : Efektif difüzyon katsayısı ($m^2 s^{-1}$)

L : Ürünün başlangıçtaki dilim kalınlığının yarısı (m^{-1})

t : Kurutma süresi (dakika)

Uzun kurutma işlemlerinde bu serinin ilk terimi kullanıp logaritmik olarak denklem basitleştirildiğinde eşitlik 2.14 elde edilmektedir (Tepe ve Tepe 2020):

$$\ln(NO) = \ln\left(\frac{8}{\pi^2}\right) - \left(\frac{\pi^2}{4L^2} D_{eff}t\right) \quad (2.14)$$

Nem oranlarının doğal logaritmalarının zamana karşı çizilen grafiği doğrusal bir eğriye sahip olup, bu doğrunun eğiminden yola çıkarak eşitlik 2.15 ile efektif difüzyon katsayısı hesaplanmaktadır:

$$\text{Eğim} = - \frac{\pi^2}{4L^2} D_{eff} \quad (2.15)$$

2.6.5 En Uygun Kinetik Modelin Belirlenmesi

Farklı kurutma yöntemleri ve farklı ön işlemler uygulanarak kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinin tahmini ve deneysel verileri arasındaki ilişki, tahmini karesel standart hata (RMSE), determinasyon katsayısı (R^2), ki-kare (χ^2) değerleri ile açıklanmaktadır. Tahmini ve deneysel veriler arasındaki sapma RMSE değeri ile ifade edilmektedir. RMSE ve χ^2 değerinin en düşük ve R^2 değerinin en yüksek olduğu model deneysel verileri en iyi tahmin eden model olarak tanımlanmaktadır (Tepe ve Tepe 2020). Tez çalışmasında kullanılan matematik modeller Tablo 2.1'de verilmiştir. RMSE (Eşitlik 2.16) ve ki-kare (χ^2) (Eşitlik 2.17) değerleri aşağıdaki gibi

hesaplanmıştır. Hesaplamalar MATLAB (R2015a, versiyon 8.5) programı yardımıyla trust-region algoritması ile non-linear curve fitting toolbox kullanılarak yapılmıştır.

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (NO_{tahmini,i} - NO_{deneysel,i})^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.16)$$

$$\chi^2 = \frac{\sum_{i=0}^N (NO_{tahmini,i} - NO_{deneysel,i})^2}{N - n} \quad (2.17)$$

$NO_{tahmini}$: Tahmini nem oranları

$NO_{deneysel}$: Deneysel nem oranları

N : Deneysel ölçüm sayısı

n : Matematiksel modeldeki katsayıların toplam sayısı

Tablo 2.1: Kurutma işleminin modellenmesinde kullanılan bazı matematiksel modeller

Model adı	Model	Kaynaklar
Logaritmik	$NO = a \exp(-kt) + c$	Tepe ve diğ. (2022)
Lewis	$NO = \exp(-kt)$	Tepe ve diğ. (2022)
Henderson ve Pabis	$NO = a \exp(-kt)$	Tepe ve diğ. (2022)
Page	$NO = \exp(-kt^n)$	Tepe ve diğ. (2022)
Parabolik	$NO = a + bt + ct^2$	Tepe ve diğ. (2022)
Wang ve Singh	$NO = 1 + at + bt^2$	Tepe ve diğ. (2022)

2.7 Rehidrasyon ve Büzüşme Oranının Hesaplanması

Rehidrasyon denemeleri 40 ve 50 °C sıcaklıklarda gerçekleştirilmiştir. Rehidrasyon işlemi Tepe ve Tepe (2020)'nin belirttiği metodun modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Rehidrasyon oranının belirlenmesi amacıyla kurutulmuş

örneklerden 5 g tartılmıştır. Tartılan örnek önceden içine 400 ml su ilave edilmiş 500 ml hacimli behere aktarılıp 24 saat beklenmiştir. Süre sonunda beher içerisinden çıkarılan örnekler filtre kâğıdı ile kurulanmış ve tartılmıştır. Rehidrasyon oranı eşitlik 2.18 ile belirlenmiştir.

$$\text{Rehidrasyon Oranı (RO)\%} = \frac{W_r}{W_0} \quad (2.18)$$

W_r : Rehidrasyon sonrası örnek ağırlığı (g)

W_0 : Rehidrasyon öncesi örnek ağırlığı (g)

Büzüşme oranı ise sıvı yer değiştirme yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sıvı yer değiştirme metodu Reyes ve diğ. (2008)'e göre hekzan kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Başlangıç hacimleri sıvı yer değiştirme yöntemi kullanılarak belirlenmiş olan örneklerin, kurutma sonunda hacimleri yine aynı yöntemle belirlenmiş olup, büzüşme oranı eşitlik 2.19 yardımı ile hesaplanmıştır.

$$\text{Büzüşme Oranı (BO)\%} = 100 - \frac{v_i - v_f}{v_i} * 100 \quad (2.19)$$

v_i : Başlangıç örnek hacmi (cm³)

v_f : Son örnek hacmi (cm³)

2.8 Kurutmaya Bağlı Doku Değişimlerinin İncelenmesi

Kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinin doku değişimleri taramalı elektron mikroskopu kullanılarak 500 kat büyütme suretiyle görüntülenmiştir.

2.9 Kromatografik ve Spektrofotometrik Analizler

2.9.1 Askorbik Asit ve Organik Asit Analizi

2.9.1.1 Örnek Hazırlama

Taze ve kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde askorbik asit, sitrik asit, malik asit ve tartarik asit ekstraksiyonu Tepe ve Ekinci (2021)'nin belirttiği yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Örneklerden 5 g tartılarak üzerine 1:9 (w:v) oranında ultra saf su eklenmiş ve laboratuvar tipi homojenizatörde (Wisetis HG 15A, Kore) örnekler homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilen örnekler 10 °C'de 9000 rpm'de 10 dakika santrifüj (Nüve NF1200R, Türkiye) işlemine tabii tutulmuştur. Santrifüj işlemi uygulanan örnekler hızlı bir şekilde kaba filtre kağıdından süzlmüştür. Daha sonra 5 mL hacminde süzüntü alınarak 0,45 µm gözenek çapına sahip şırınga ucu filtre yardımı ile berrak hale getirilmiş ve HPLC (High Performance Liquid Chromatography) cihazına enjekte edilmiştir.

2.9.1.2 Askorbik Asit ve Organik Asit Analizi İçin HPLC Koşulları

Kavun ve karpuz örneklerinde askorbik asit ve organik asitler HPLC cihazı yardımı ile tanımlanmıştır. Askorbik asit ve organik asit analizi için koşullar Scherer ve diğ. (2012)'nin belirttiği yöntemin modifikasyonu ile belirlenmiştir. Analiz koşulları Tablo 2.2'de verilmiştir.

Tablo 2.2: Askorbik asit ve organik asit analizi için HPLC koşulları

Cihaz	Shimadzu LC20AD
Yazılım	Shimadzu LC solution
Kolon	ACE Generix 5 C18 250 x 4,6 mm
Dedektör ve çalışma koşulları	Shimadzu 20AD PDA Askorbik asit: 261 nm Sitrik asit: 210 nm Malik asit: 210 nm Tartarik asit: 210 nm
Kolon fırını ve sıcaklık	Shimadzu CTO-20A Kolon fırını, 25 °C
Akış hızı	0,7 mL dk ⁻¹
Mobil faz	0,01 M KH ₂ PO ₄ pH: 2,8 (o-fosforik asit)
Enjeksiyon hacmi	20 µL

Askorbik asit, sitrik asit, malik asit ve tartarik asit standartları Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. Her bir bileşen için farklı konsantrasyonlarda standart içeren çözelti hazırlanmış ve bu çözeltiler yardımı ile kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Elde edilen kalibrasyon eğrileri örneklerde araştırılan bileşenlerin miktarlarının hesaplanmasında kullanılmıştır. Sonuçlar mg 100 g⁻¹ KM olarak verilmiştir. Askorbik, sitrik, malik ve tartarik asit için geri kazanım testleri sonuçları sırasıyla %98,3, %97,5, %98,6 ve %98,1 olarak hesaplanmıştır.

2.9.2 Glikoz ve Fruktoz Analizi

2.9.2.1 Örnek Hazırlama

Taze ve kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde glikoz ve fruktoz ekstraksiyonu Tepe (2020)'nin belirttiği yöntem modifiye edilerek gerçekleştirilmiştir. Örneklerden 5 g tartılarak üzerine 1:9 (w:v) oranında ultra saf su eklenmiştir. Ardından, laboratuvar tipi homojenizatörde (Wisetis HG 15A, Kore) örnekler homojen hale getirildikten sonra örnekler 10 °C'de 9000 rpm'de 10 dakika santrifüj (Nüve NF1200R, Türkiye) işlemine tabii tutulmuştur. Santrifüj işlemi uygulanan örnekler zaman kaybedilmeden filtre kağıdından süzülmuş ve ardından 5 mL hacminde süzüntü

alınarak 0,45 µm gözenek çapına sahip şırınga ucu filtre yardımı ile berrak hale getirilmiştir. Berrak hale getirilen örnekler tekrar 10 kat seyreltikten sonra tekrar 0,45 µm'lik filtreden süzölmüş ve HPLC (High Performance Liquid Chromatography) cihazına enjekte edilmiştir.

2.9.2.2 Glikoz ve Fruktoz Analizi İçin HPLC Koşulları

Taze ve kurutulmuş kavun ve karpuz örneklerinin glikoz ve fruktoz miktarı HPLC cihazı yardımı ile hesaplanmıştır. Glikoz ve fruktoz analizi için Can (2014)'ün belirttiği yöntem kullanılmıştır. HPLC analiz koşulları Tablo 2.3'te verilmiştir.

Tablo 2.3: Glikoz ve fruktoz analizi için HPLC koşulları

Cihaz	Agilent 1200 Series
Yazılım	Agilent ChemStation 2001
Kolon	Aminex HPX-42A (300 × 7.8mm, 25 µm)
Dedektör ve çalışma koşulları	Agilent 380 ELSD, 50 °C evaporasyon, 50 °C nebulizasyon sıcaklığı, inert azot gazı akışı 1,5 SLM
Kolon fırını ve sıcaklık	Agilent 80 °C
Akış hızı	0,5 mL dk ⁻¹
Mobil faz	Ultra saf su
Enjeksiyon hacmi	5 µL

Glikoz ve fruktoz standartları Boston firmasından temin edilmiştir. Glikoz ve fruktoz miktarlarının belirlenebilmesi için farklı konsantrasyonlarda standart içeren çözelti hazırlanmış ve bu çözeltiler yardımı ile kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Sonuçlar g 100 g⁻¹ KM olarak verilmiştir.

2.9.3 Hidroksimetil Furfural (HMF) Analizi

2.9.3.1 Örnek Hazırlama

Taze ve kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde HMF analizi için ekstraksiyon Batu (2015)'in belirttiği yöntemin modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Örneklerden 5 g tartılmış ve üzerlerine 1:9 (w:v) oranında ultra saf su eklenerek laboratuvar tipi homojenizatörde homojen hale getirilmiştir. Homojen hale getirilmiş örnekler 10 °C'de ve 9000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi uygulanan örnekler kaba filtre kâğıdı yardımı ile ayrı bir tüpe süzülmüştür. Süzüntü üzerine makro moleküllerin çökmesi amacıyla 0,75 ml Carrez I ve Carrez II çözeltileri eklenmiş ve tekrar 10 °C'de ve 9000 rpm'de santrifüj işlemi uygulanmıştır. Santrifüj işleminin ardından şırınga yardımı ile üstte kalan berrak süzüntüden 5 mL alınmış ve 0,45 µm'lik şırınga ucu filtre yardımı ile süzüntü HPLC cihazına enjekte edilecek hale getirilmiştir. Ardından örnekler HPLC cihazına enjekte edilmiştir.

2.9.3.2 HMF Analizi İçin HPLC Koşulları

Kurutulmuş kavun ve karpuz örneklerinde HMF miktarı HPLC cihazı yardımı ile hesaplanmıştır. HMF analizi için Batu (2015)'in belirttiği yöntem kullanılmıştır. HPLC analiz koşulları Tablo 2.4'te verilmiştir.

Tablo 2.4: HMF analizi için HPLC koşulları

Cihaz	Shimadzu LC20AD
Yazılım	Shimadzu LC solution
Kolon	ACE Generix 5 C18 250 x 4,6 mm
Dedektör ve çalışma koşulları	Shimadzu 20AD PDA, 284 nm
Kolon fırını ve sıcaklık	Shimadzu CTO-20A Kolon fırını, 25 °C
Akış hızı	1 mL dk ⁻¹
Mobil faz	%1 Asetik asit ultra saf su: asetonitril (95:5)
Enjeksiyon hacmi	20 µL

HMF standardı Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. HMF miktarının belirlenebilmesi için farklı konsantrasyonlarda standart içeren çözelti hazırlanmış ve bu çözeltiler yardımı ile kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Sonuçlar mg kg⁻¹ KM olarak verilmiştir. HMF'ye ait geri kazanım testi sonucu %97,7 olarak belirlenmiştir.

2.9.4 Likopen ve β-karoten Analizi

2.9.4.1 Örnek Hazırlama

Taze ve kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde likopen ve β-karoten ekstraksiyonu Demiray (2009)'un belirttiği yöntemin modifiye edilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla kavun ve karpuz örneklerinden 4 g tartılarak üzerine 10 mL ultra saf su ilave edilmiş olup, örnekler laboratuvar tipi homojenizatörde homojen hale getirilmiştir. Daha sonra homojen hale getirilen örneklerin üzerine 35 mL %1 bütillenmiş hidroksitoluen (BHT) içeren etanol:hekzan (4:3) çözeltisi ilave edilmiştir. Ardından örnekler 1 dakika süreyle vorteks işlemine tabi tutulmuştur. Vortekslenen örnekler 4 °C'de 9000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonrasında üstte kalan berrak hekzan fazından şırınga yardımı ile 5 mL çekilmiş ve 0,45 µm por çapına sahip şırınga ucu filtre ile örnek HPLC cihazına enjekte edilecek hale getirilmiştir. Örnekler zaman kaybedilmeden HPLC cihazına enjekte edilmiştir.

2.9.4.2 Likopen ve β-Karoten Analizi İçin HPLC Koşulları

Kavun ve karpuz örneklerinde likopen ve β-karoten miktarı HPLC cihazı yardımı ile belirlenmiştir. Likopen ve β-karoten analizi için Demiray (2009)'un belirttiği yöntem kullanılmış olup, analiz koşulları Tablo 2.5'te verilmiştir.

Tablo 2.5: Likopen ve β -karoten analizi için HPLC koşulları

Cihaz	Shimadzu LC20AD
Yazılım	Shimadzu LC solution
Kolon	ACE Generix 5 C18 250 x 4,6 mm
	Shimadzu 20AD PDA,
Dedektör ve çalışma koşulları	Likopen: 470 nm β -karoten: 445 nm
Kolon fırını ve sıcaklık	Shimadzu CTO-20A Kolon fırını, 25 °C
Akış hızı	0,45 mL dk ⁻¹
Mobil faz	Asetonitril: Metanol: Hekzan: Diklorometan (40:20:20:20)
Enjeksiyon hacmi	20 μ L

Likopen ve β -karoten standartları Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. Likopen ve β -karoten miktarının belirlenebilmesi için farklı konsantrasyonlarda standart içeren çözeltiler hazırlanmış ve bu çözeltiler yardımı ile kalibrasyon eğrileri çizilmiştir. Sonuçlar mg 100 g⁻¹ KM olarak verilmiştir. Likopen ve β -karotene ait geri kazanım testi sonuçları sırasıyla %98,8 ve %98,4 olarak hesaplanmıştır.

2.9.5 Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Analizi

2.9.5.1 Örnek Hazırlama

Taze ve kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizi için metanol ekstraksiyonu Tepe (2020)'ye göre gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla taze ve kuru örneklerden 5 g örnek tartılarak üzerine 1:9 (w:v) oranında metanol çözeltisi (90:10 metanol:su) eklenmiştir. Örnekler laboratuvar tipi homojenizatörde homojen hale getirildikten sonra 10 °C'de 9000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminin ardından örnekler kaba filtre kağıdından süzölmüş ve toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite analizi için hazır hale getirilmiştir.

2.9.5.2 Toplam Fenolik Madde Analizi

Kavun ve karpuz meyvelerinde toplam fenolik madde miktarı Singleton ve Rossi (1965)'nin belirttiği yöntemin modifiye edilerek kullanılması ile belirlenmiştir. Metanol ekstraksiyonu ile hazırlanan örneklerden 300 µL alınarak üzerine 1500 µL Folin-Ciocalteu çözeltisi (1:10, Folin-Ciocalteu ayracı: ultra saf su) ilave edilmiş ve 5 dakika beklenmiştir. Ardından 1200 µL %7,5'lik sodyum bikarbonat çözeltisi eklenerek oda sıcaklığında karanlıkta 2 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun ardından örneklerin absorbans değerleri spektrofotometre cihazında (PG Instruments T80 UV/VIS, İngiltere) 760 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Sonuçların hesaplanabilmesi amacıyla Sigma-Aldrich firmasından temin edilen gallik asit standardı kullanılmıştır. Gallik asit standardından farklı konsantrasyonlarda çözeltiler elde edilmiş ve gallik asit standart kalibrasyon eğrisi çizilmiştir. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri (GAE) 100 g⁻¹ KM olarak verilmiştir.

2.9.5.3 Antioksidan Aktivite Analizi

Örneklerin antioksidan aktivite analizi Thaipong ve diğ. (2006)'nin belirttiği DPPH (2,2 diphenyl-1-picrylhydrazyl) yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda DPPH çözeltisi %90'lık metanol çözeltisi kullanılarak 515 nm dalga boyunda absorbans değeri 1,1 olacak şekilde hazırlanmıştır. Ardından örneklerin metanol ekstraksiyonundan 150 µL alınmış ve 2850 µL DPPH çözeltisi ile karıştırılmıştır. Hazırlanan karışım karanlık bir yerde oda sıcaklığında 1 saat inkübasyona bırakılmıştır. Süre sonunda örneklerin absorbans değerleri spektrofotometre cihazında 515 nm dalga boyunda belirlenmiştir. Sonuçlar mmol trolox eşdeğeri (TE) 100 g⁻¹ KM olarak ifade edilmiştir.

2.9.6 İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler SPSS 22.0 (IBM Crp., NY) yazılımı yardımı ile gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ortalama ve standart sapma (SS) değerleri bir arada olacak şekilde verilmiştir. Anlamlılık düzeyi olarak p=0,05 kullanılmış olup,

farklılıklar tek yönlü varyans analizi (Anova) kullanılarak belirlenmiştir. Gruplar arasındaki farklılık ise Duncan testi saptanmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1 Kavun ve Karpuz Meyvelerinin Temel Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Tez çalışmasında kullanılan kavun ve karpuz meyvelerinin nem, suda çözünür kuru madde (SÇKM), pH, titrasyon asitliği ve kül miktarları Tablo 3.1’de verilmiştir. Tablo 3.1’den de görüldüğü gibi karpuz meyvesinin nem içeriği, titrasyon asitliği ve kül miktarları kavun meyvesinden daha yüksek bulunmuşken, pH ve SÇKM değerleri daha düşük olarak saptanmıştır ($p<0,05$). Kavun ve karpuz meyvelerinin nem içeriği, SÇKM, pH, titrasyon asitliği ve kül miktarları çeşide ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Örneğin, 9 farklı kavun genotipinin SÇKM, pH ve titrasyon asitliği değerlerinin sırası ile 11,65-14,40, 4,85-6,78 ve 0,10-0,14 arasında değişiklik gösterdiği ifade edilmektedir (Üçok 2019). Benzer şekilde Crimson tide F1 (Segment Crimson sweet) çeşidi karpuz meyvesinin toplam kuru madde (%), SÇKM, pH, titrasyon asitliği (%) ve kül miktarları (%) sırasıyla 9,92 (90,08 nem), 9,60, 5,43, 0,080 ve 0,26 olarak bildirilmiştir (Tokgöz ve diğ. 2015). Akyıldız ve diğ. (2017) çalışmalarında kullandıkları Çukurova bölgesinde yetişen karpuzların toplam kuru madde (%), pH, titrasyon asitliği (%) değerlerini sırasıyla 7,06, 5,61 ve 0,014 olarak tespit etmiştir. Özetle bu tezde kullanılan kavun ve karpuz örneklerin nem içeriği, SÇKM, pH, titrasyon asitliği ve kül miktarları diğer çalışmalarla kısmen benzerlik gösterse de gerek kullanılan çeşit gerekse yetiştirme koşullarından kaynaklı olarak farklılıklar gözlenmiştir.

Tablo 3.1: Kavun ve karpuz meyvesinin nem, SÇKM, pH titrasyon asitliği ve kül miktarları

Örnek	Nem (%)	SÇKM (°Brix)	pH	Titrasyon Asitliği (g 100 ⁻¹ SAE)	Kül (%)
Kavun	89,56 ^b ± 0,17	11,70 ^b ± 0,10	6,58 ^b ± 0,20	0,096 ^b ± 0,003	0,45 ^b ± 0,02
Karpuz	90,59 ^a ± 0,08	9,90 ^a ± 0,10	5,61 ^a ± 0,10	0,0224 ^a ± 0,001	0,60 ^a ± 0,03

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir ($p<0,05$)

Tablo 3.2’de taze kavun ve karpuz meyvelerinin L*, a* ve b* değerleri verilmiştir. L* değerinin artışı rengin açıldığını, a* değerinin artışı kırmızılığın artışı ve b* değerinin artışı sarılığın artışı göstermektedir. Tez çalışmasında kullanılan

kavun meyvesinde beklenildiği gibi L* ve b* değeri yüksek, a* değeri düşük saptanmıştır. Karpuz meyvesinde ise L* ve b* değeri kavun meyvesine göre düşük, a* değeri ile oldukça yüksek olarak belirlenmiştir (p<0,05). Yapılan literatür araştırmasında kavun ve karpuz meyvelerinin renk değerlerinin çeşide bağlı olarak değişiklik gösterdiği görülmüştür. Bu durumu destekler nitelikte, Muskmelon tipi kavunların taze iken L*, a* ve b* değerlerinin sırası ile 69,63; 5,52 ve 26,91 olarak tespit edildiği rapor edilmiştir (Sun ve diğ. 2021). Başka bir çalışmada da kantaloop çeşidi kavunların L*, a* ve b* değerleri 69,76; 18,21 ve 38,56 olarak belirlenmiştir (da Cunha ve diğ. 2020). Akyıldız ve diğ. (2017) çalışmalarında kullandıkları karpuz meyvesinin renk değerlerinin L* için 51,79, a* için 18,38 ve b* için 19,61 olarak tespit etmiştir. Ayrıca başka bir çalışmada da, Crimson tide F1 tipi karpuz meyvesi için L*, a* ve b* değerleri sırası ile 37,17; 29,15 ve 15,99 olarak bildirilmiştir (Tokgöz ve diğ. 2015).

Tablo 3.2: Taze kavun ve karpuz meyvelerinin L*, a* ve b* değerleri

Örnek	L*	a*	b*
Kavun	77,40 ^a ± 0,10	-2,78 ^a ± 0,12	18,40 ^a ± 0,32
Karpuz	45,27 ^b ± 0,03	30,99 ^b ± 0,04	15,32 ^b ± 0,05

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.2 Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kurutulması

3.2.1 Farklı Yöntemler ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri

Kavun ve karpuz meyvelerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmasına bağlı olarak nem oranı ve kuruma hızı değişimlerine ilişkin grafiksel gösterim sırasıyla Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te, kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları ise Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'te sırası ile verilmiştir. Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'ten de görüldüğü gibi en uzun kuruma süresi 60 °C'de 21,3 kPa basınçta vakumlu etüvde kurutulan kavun ve karpuz örneklerinde saptanırken, en kısa kuruma süresi ise 300 W gücünde mikrodalga yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Kuruma

süresinin kısaldığının, diğer bir deyişle kuruma hızının arttığının diğer bir göstergesi de efektif difüzyon katsayısıdır. Kuruma süresi ile efektif difüzyon katsayısı arasında ters orantılı bir ilişki bulunmaktadır. Kuruma süresi kısaldıkça efektif difüzyon katsayısı artmaktadır (Tepe ve diğ. 2022). Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'te kuruma süresinin kısalmasına bağlı olarak efektif difüzyon katsayısının artış gösterdiği açık bir şekilde görülmektedir. Sıcaklık ve mikrodalga güç seviyelerindeki artış örneklerin kuruma süresini kısaltmıştır. Kurutma sıcaklığında meydana gelen artışın, gıda ile kurutma havası arasında gerçekleşen ısı transfer hızını artırdığı, böylece kurutma süresinin kısalmasını sağlayan daha yüksek buharlaşma hızlarına ulaşıldığı bildirilmektedir (Beigi 2016). Akbulut ve diğ. (2019) bu çalışma ile benzer şekilde kurutma sıcaklığında meydana gelen artışın dilimlenmiş kavun meyvelerinin kuruma hızlarını artırdığını gözlemlemiştir. Benzer sonuçlar başka araştırmacılar tarafından elma (Beigi 2016), soğan (Demiray ve diğ. 2017), havuç (Doymaz 2017) ve kivi (Tepe ve diğ. 2022) gibi farklı meyve ve sebzelerde de gözlenmiştir. Ayrıca, aynı sıcaklıkta vakum kurutma ile kurutulan örneklerde, sıcak hava yöntemi kullanılarak kurutulan örneklere kıyasla daha uzun sürede $0,1 \text{ g su g}^{-1} \text{ KM}$ değerine ulaşılmıştır. Bu farklılık sıcak hava yönteminde kullanılan hareketli havanın ürün yüzeyi ile kurutma havası arasındaki buhar basıncı farkını vakum kurutmaya nazaran daha yüksek seviyelerde tutması ile açıklanabilmektedir. Özcan-Sinir ve diğ. (2019) ve Balzarini ve diğ. (2018) tarafından sırasıyla vakum kurutma ile kurutulan kumkat ve hindiba kökü örneklerinin sıcak hava yöntemi ile kurutulan örneklere kıyasla ulaşılması gereken son nem değerine daha uzun sürede ulaştığı bildirmiştir. Tepe ve Tepe (2020) ise mikrodalga gücünde gerçekleşen artışın kuruma süresini kısalttığını belirtmiş olup, kuruma süresindeki bu kısalmayı yüksek güç seviyelerinde su moleküllerinde daha fazla ısınma meydana gelmesi ile açıklamışlardır. Buna ek olarak mikrodalga güç yoğunluğu da mikrodalga güç seviyesi kadar önemli bir kriterdir. Mikrodalga güç yoğunluğu g örnek başına karşılık gelen mikrodalga gücünü (W g^{-1}) ifade etmektedir (Kone ve diğ. 2013). Bu çalışmada hem mikrodalga hem de sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinde 100 W için 0,4, 200 W için 0,8 ve 300 W değeri için $1,2 \text{ W g}^{-1}$ mikrodalga güç yoğunluğu belirlenmiştir. Mikrodalga güç yoğunluğunun artışı aynı örnek ağırlığında mikrodalga güç seviyesinin artışını ifade etmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi hem kavun hem de karpuz örneklerinin kuruma süresi mikrodalga güç seviyesi arttıkça kısalmış, diğer bir deyişle mikrodalga güç yoğunluğu arttıkça kuruma hızı artış göstermiştir. Literatür

araştırmasında kavun ve karpuz meyvelerinin mikrodalga yöntemi ile kurutulmasına ilişkin bir çalışmaya rastlanamamıştır. Ancak araştırmacılar tarafından bu çalışmayı destekler nitelikte benzer sonuçlar başka meyve ve sebzelerde gözlenmiştir. Tepe ve Tepe (2020) elma dilimlerinde yaptıkları çalışmada aynı örnek ağırlığında uygulanan mikrodalga güç seviyesi arttıkça kuruma hızının arttığını gözlemlemişlerdir. Benzer şekilde, soğan dilimlerine uygulanan mikrodalga gücü arttıkça kuruma süresinin kısaldığı Demiray ve diğ. (2017) tarafından bildirilmektedir. Aziminejadian ve Hoseini (2019) ve Kumar ve diğ. (2016) da mikrodalga gücünün artışı ile kuruma hızının arttığını sırasıyla patates ve gölevez gibi ürünlerde tespit etmiştir.

Sıcak hava ve mikrodalga yöntemlerine ek olarak, gıdaların sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile de kurutulabileceği ifade edilmektedir. Böylece sıcak havanın neden olduğu düşük rehidrasyon kapasitesi, koyu renk oluşumu, düşük kuruma hızı ve düşük verimde ısı ve kütle transfer oranı ile mikrodalğanın sahip olduğu düşük penetrasyon, düşük su içeriklerinde yetersiz ısıtma, homojen olmayan ısınma sebebiyle kömürleşme gibi sorunların sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile giderilebileceği ifade edilmektedir (Horuz ve diğ. 2018^a). Tablo 3.3 ve Tablo 3.4'ten de görülebileceği gibi, kavun ve karpuz meyvelerinin sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulması sonucunda sıcak hava ve mikrodalga yöntemlerine kıyasla daha etkin bir kuruma sağlandığı gözlenmiştir. Bunun sonucunda aynı sıcaklıkta veya aynı mikrodalga gücüne kıyasla, sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan örneklerin daha kısa sürede kuruduğu belirlenmiştir. Ayrıca aynı sıcaklıkta uygulanan mikrodalga gücündeki artış ile aynı mikrodalga gücünde uygulanan sıcak havanın sıcaklığının artışının kuruma hızını artırdığı belirlenmiştir. Benzer şekilde, Horuz ve diğ. (2018^a) elma dilimlerinde yaptıkları çalışmada aynı sıcaklıkta mikrodalga gücündeki artışın kuruma süresini kısalttığını tespit etmiştir. Ayrıca sabit mikrodalga gücünde sıcaklık artışının yine kuruma hızını artırdığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada da Szadzińska ve Mierzwa (2021) tarafından dilimlenmiş mantarların aynı sıcaklıkta uygulanan mikrodalga gücündeki artış ile daha kısa sürede kuruduğu bildirilmiştir. Yine aynı çalışmada sabit mikrodalga gücünde uygulanan sıcak havanın sıcaklığında artışında kurumayı hızlandırdığı belirtilmiştir.

Şekil 3.1, Şekil 3.2, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4'te görüldüğü gibi kavun ve karpuz meyvelerinin sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerinde kuruma davranışları sabit

hızda kuruma periyodu ve azalan hızda kuruma periyodu olarak 2 şekilde gerçekleşirken, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinde ısınma, sabit hızda kuruma ve azalan hızda kuruma periyodu olarak 3 bölümde gerçekleşmiştir. Gıdaların kurutulması esnasında genel olarak gözlenen sabit hızda ve azalan hızla kuruma periyotları, gıdanın iç kesimlerinden yüzeye taşınan suyun, yüzeyde gerçekleşen buharlaşma hızını destekleme durumuna göre gerçekleşmektedir. Yüzeydeki buharlaşma hızı yeterli seviyede destekleniyorsa kuruma hızı sabit bir şekilde devam ederken, yetersiz seviyede desteklenmesi durumunda kuruma hızı yavaşlamaktadır (Srikiatden ve Roberts 2007, Erbay ve İçier 2010, Tepe ve Tepe 2020). Bu durum gıdanın dokusunun kuruma süresince olumsuz yönde değişmesinden ileri gelmektedir. Ancak mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga kombine yönteminde gıdada bulunan suyun ilk etapta nispeten düşük sıcaklıkta olması, bununla birlikte uygulanan mikrodalga gücü ile sıcak hava ve vakum kurutma yöntemine kıyasla sıcaklığın kısa sürede hızla yükselmesinden dolayı mikrodalga kullanılan her iki yöntemde de kuruma periyotları ısınma, sabit hızda kuruma ve azalan hızda kuruma olarak 3 farklı periyotta gerçekleşmiştir (Yan ve diğ. 2010, Li ve diğ. 2010). Isınma periyodunda örnek sıcaklığı artarken az miktarda buharlaşma gerçekleşmektedir. Isınma sonunda ise örnek sıcaklığı nispeten sabit bir sıcaklığa ulaşır ve buharlaşma miktarı önemli düzeyde artar. Azalan hızda kuruma periyodunda ise buharlaşma azalır ancak örnek sıcaklığı aniden yükselir. Mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinde ilk iki aşama kabul edilebilirken, son aşamada üründe istenmeyen ciddi değişimler meydana geldiği bildirilmektedir (Li ve diğ. 2010). Srikiatden ve Roberts (2006) sıcak hava yöntemi ile 70 °C’de kuruttukları patateslerin yüzey ve iç sıcaklığının yaklaşık 100 dakikada kurutma fırını sıcaklığına ulaştığını belirtmişlerdir. Onwude ve diğ. (2018) 60 °C’de sıcak hava yöntemi ile kuruttukları tatlı patateslerin sıcaklığının yaklaşık 90 dakikada 60 °C’ye ulaştığını bildirmişlerdir. Liu ve diğ. (2021) mısır tanelerinin mikrodalga yöntemi ile kurutulmasında mikrodalga güç seviyesinin önemli bir etken olduğunu ve mikrodalga gücü arttıkça kuruma süresinin kısaldığını bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra mikrodalga güç yoğunluğunun da önemli bir faktör olduğu, aynı güç seviyesinde kullanılan örnek miktarı azaldıkça kurumanın hızlandığı bildirilmiştir. Aynı çalışmada mikrodalga güç yoğunluğunun artışı ile ürün sıcaklığının önemli düzeyde arttığı; mısır tanelerinin sıcaklığının 2,8 W g⁻¹ değerinde 100 °C’nin üstüne 10 dakikada çıktığını, 0,7 W g⁻¹

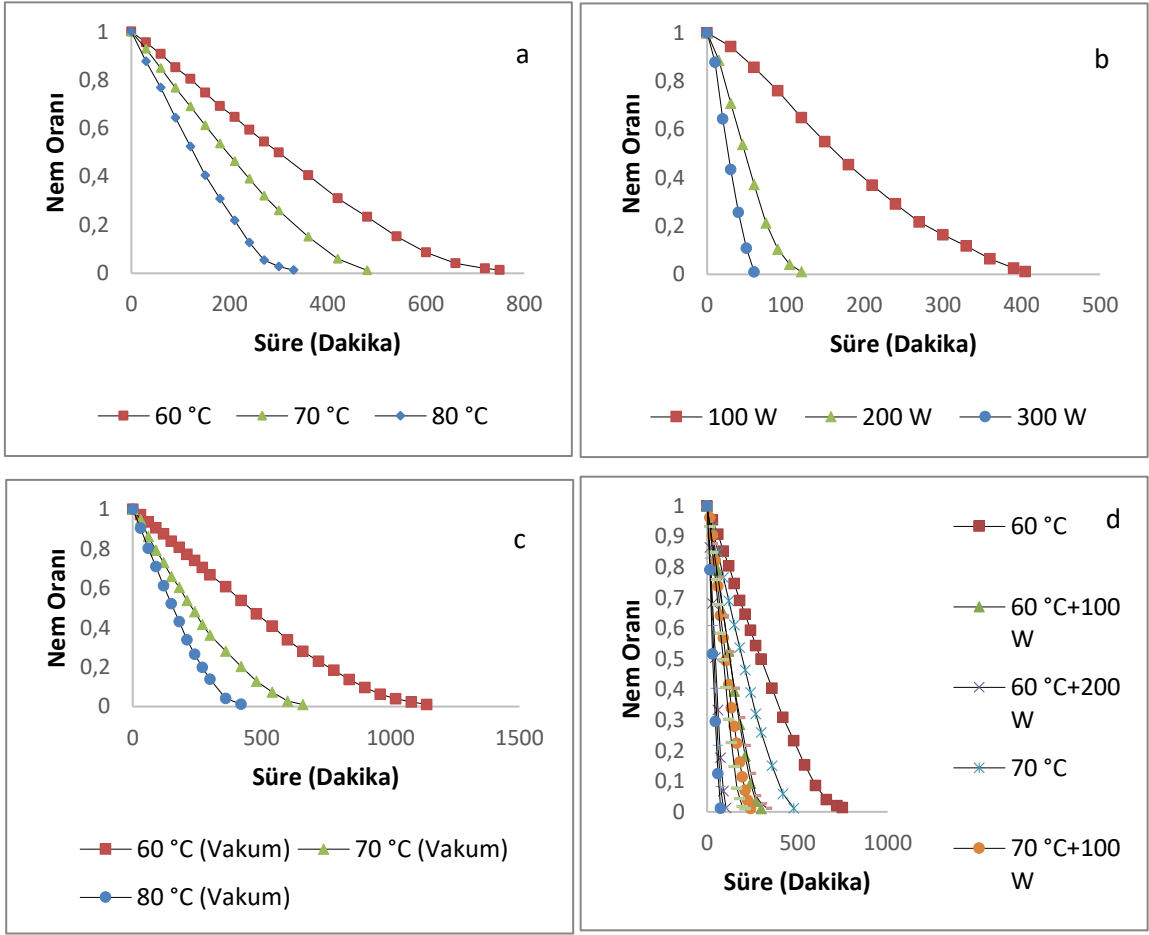
değerinde ise azalan hızda kuruma periyodunda sıcaklığın giderek artış gösterdiği ve 70 dakikada 90 °C civarına ulaştığı ifade edilmiştir. Dilimlenmiş Trabzon hurmalarının mikrodalga ile kurutulduğu bir çalışmada, mikrodalga güç seviyesinin artışının kuruma hızını artırdığı ve kuruma süresini kısalttığı bildirilmiştir. Ayrıca, 9 mm kalınlığında dilimlenmiş örneklerin sıcaklığı kuruma süresinde artış göstermiş olup; örnek sıcaklıklarının 120 W ve 350 W güç değerlerinde 1620 ve 490 saniyelik kuruma süresi sonunda sırasıyla 126 ve 123 °C değerlerine ulaştığı belirtilmiştir (Çelen 2019). Kone ve diğ. (2013) ise sıcak hava-mikrodalga yöntemi ile domates kuruttukları çalışmada, 3 W g⁻¹-40 °C, 5 W g⁻¹-40 °C ve 7 W g⁻¹-40 °C kombinasyonları sonucunda sıcaklığın sırasıyla 6, 5 ve 3 saniyede 100 °C'ye ulaştığını bildirmişlerdir. Yüksek su içeren gıdalarda bu denli yüksek sıcaklık oluşumlarının mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinde oldukça yaygın bir durum olduğu belirtilmektedir (Kone ve diğ. 2013). Örnek olarak verilen çalışmalardan da anlaşılacağı gibi, sıcak hava yönteminde ürün sıcaklığı mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemine kıyasla daha uzun sürede kurutma fırını sıcaklığına ulaşırken, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinde oldukça kısa sürede kontrolsüz ve yüksek sıcaklıklara çıkıldığı açıkça görülmektedir.

Tablo 3.3: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları

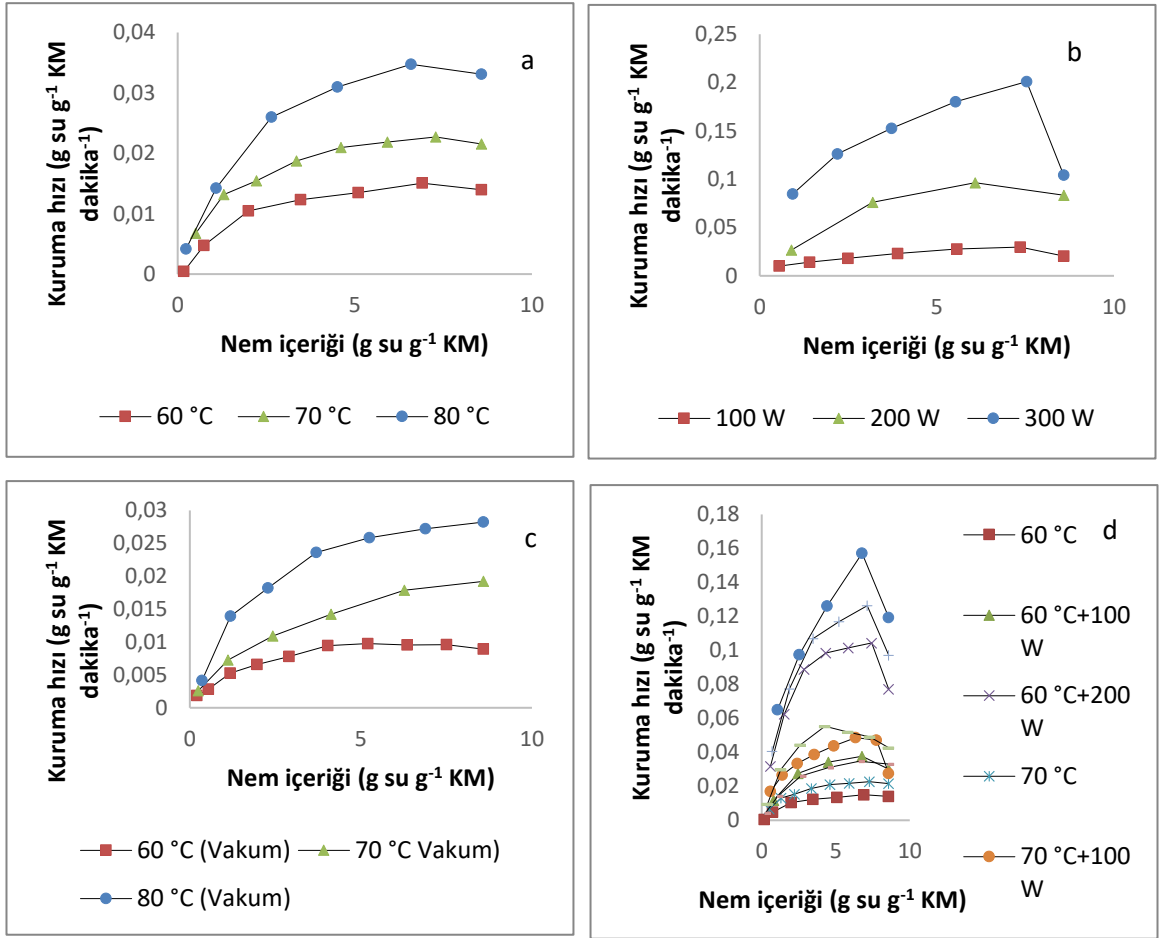
Kurutma Yöntemi	Kurutma Süresi (dk)	D _{eff} (m ² s ⁻¹)
60 °C	750	8,96 x 10 ⁻¹⁰
70 °C	480	1,32 x 10 ⁻⁹
80 °C	330	2,13 x 10 ⁻⁹
60 °C + 100 W	300	2,30 x 10 ⁻⁹
60 °C + 200 W	105	6,39 x 10 ⁻⁹
70 °C + 100 W	240	2,62 x 10 ⁻⁹
70 °C + 200 W	90	7,59 x 10 ⁻⁹
80 °C + 100 W	210	3,45 x 10 ⁻⁹
80 °C + 200 W	75	9,11 x 10 ⁻⁹
60 °C (21,3 kPa)	1140	5,58 x 10 ⁻¹⁰
70 °C (21,3 kPa)	660	1,03 x 10 ⁻⁹
80 °C (21,3 kPa)	420	1,61 x 10 ⁻⁹
100 W	405	1,62 x 10 ⁻⁹
200 W	120	6,00 x 10 ⁻⁹
300 W	60	1,14 x 10 ⁻⁸

Tablo 3.4: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları

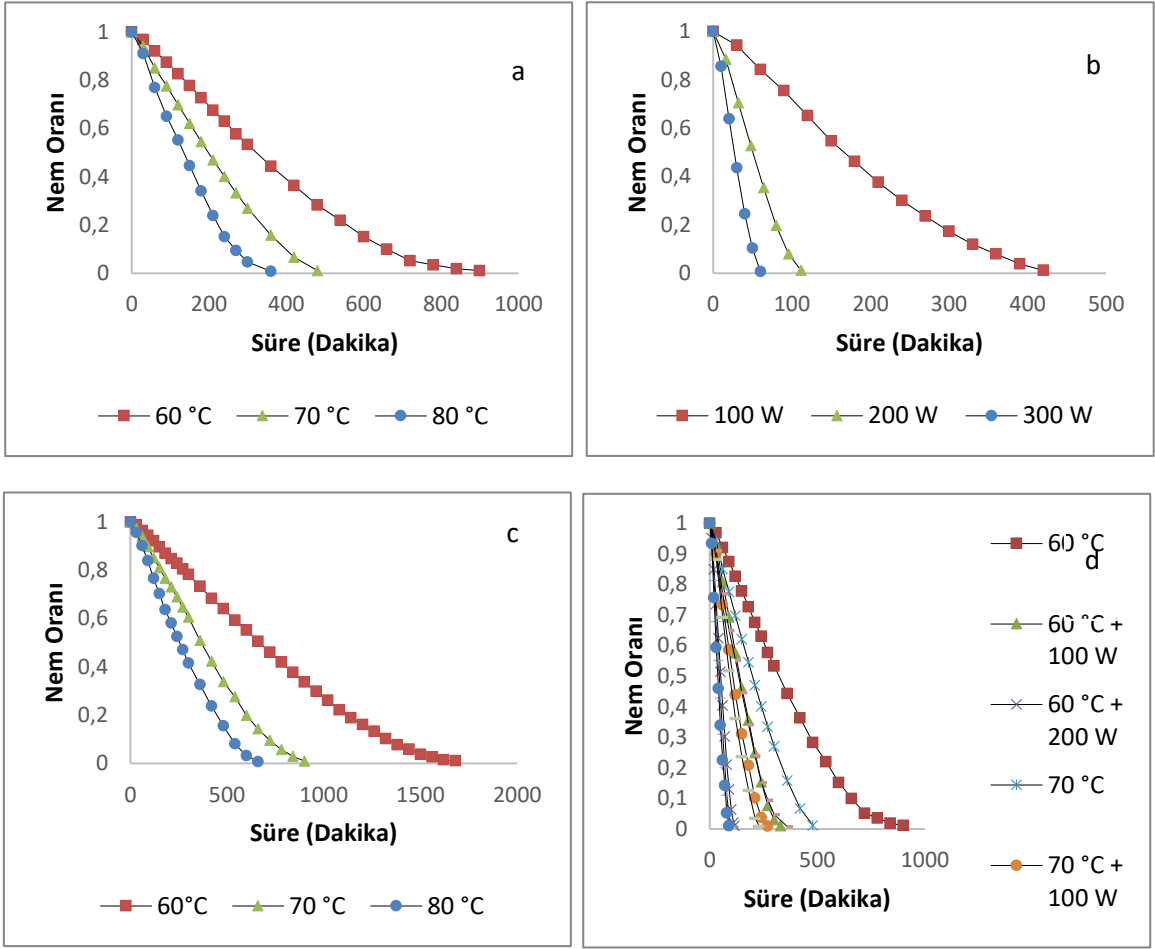
Kurutma Yöntemi	Kuruma Süresi (dk)	D_{eff} ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$)
60 °C	900	$7,94 \times 10^{-10}$
70 °C	480	$1,30 \times 10^{-9}$
80 °C	360	$2,01 \times 10^{-9}$
60 °C + 100 W	330	$2,1 \times 10^{-9}$
60 °C + 200 W	115	$6,07 \times 10^{-9}$
70 °C + 100 W	270	$2,64 \times 10^{-9}$
70 °C + 200 W	100	$6,85 \times 10^{-9}$
80 °C + 100 W	230	$3,06 \times 10^{-9}$
80 °C + 200 W	90	$7,44 \times 10^{-9}$
60 °C (21,3 kPa)	1680	$3,89 \times 10^{-9}$
70 °C (21,3 kPa)	900	$7,27 \times 10^{-9}$
80 °C (21,3 kPa)	660	$1,03 \times 10^{-9}$
100 W	420	$1,52 \times 10^{-9}$
200 W	112	$5,98 \times 10^{-9}$
300 W	60	$1,20 \times 10^{-8}$



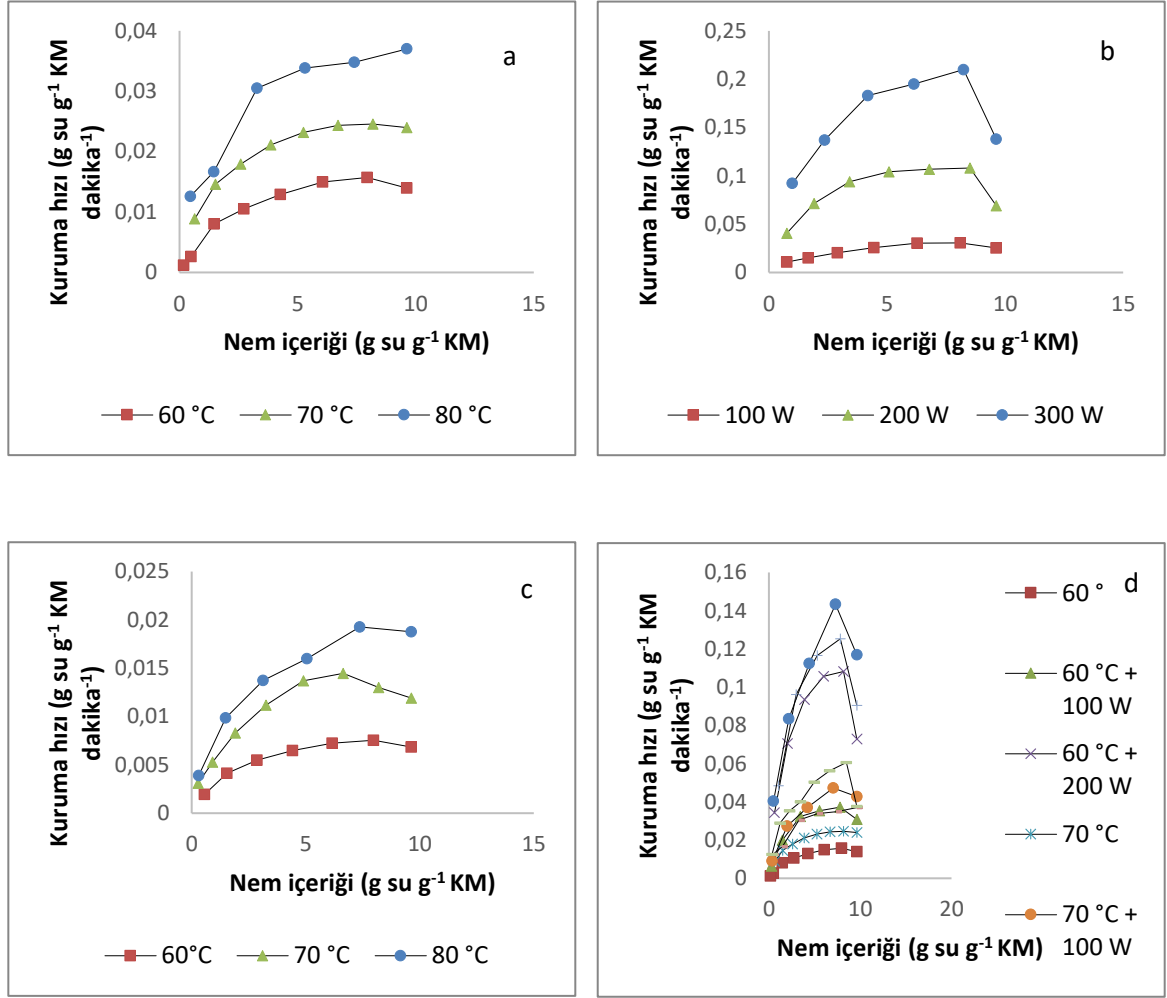
Şekil 3.1: Sıcak hava (a), mikrodalga (b), vakum (c) ve sıcak hava-mikrodalga kombine (d) yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin zaman bağlı nem oranı değişimi



Şekil 3.2: Sıcak hava (a), mikrodalga (b), vakum (c) ve sıcak hava-mikrodalga kombine (d) yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin kuruma hızı değişimi



Şekil 3.3: Sıcak hava (a), mikrodalga (b), vakum (c) ve sıcak hava-mikrodalga kombine (d) yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin zaman bağlı nem oranı değişimi



Şekil 3.4: Sıcak hava (a), mikrodalga (b), vakum (c) ve sıcak hava-mikrodalga kombine (d) yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin kuruma hızı değişimi

3.2.2 Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kuruma Kinetiğine Ait Modellemeler

Bu çalışmada literatürde sıklıkla kullanılan yarı teorik ve ampirik modeller kullanılmıştır. Yarı teorik olarak; Lewis, Hendersen ve Pabis, Page ve Logaritmik modeller kullanılırken, ampirik olarak; Parabolik ve Wang ve Singh modelleri kullanılmıştır. Bu modellere ait denklemler Tablo 2.1’de verilmiştir. Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun ve karpuz örneklerinin kurutulması sırasında elde edilen veriler adı geçen modellere uygulanmış olup, sıcak hava, mikrodalga, vakum ve sıcak hava-mikrodalga kombine kurutma yöntemlerinin matematiksel modellerine

ait sabitler ve istatistiki veriler sırasıyla Tablo 3.5-Tablo 3.16'da verilmiştir. En uygun model olarak istatistiki veriler arasında en düşük RMSE ve ki-kare (χ^2) ile en yüksek R^2 değerine sahip olan model seçilmiştir (Tepe ve Tepe 2020). Sıcak hava ve vakum kurutma yöntemleri en iyi Parabolik modele uyum gösterirken, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemleri Page modele uyum göstermiştir. Literatürde kavun meyvesinin sıcak hava yöntemi ile kurutulmasına ait kısıtlı sayıda çalışma saptanırken, karpuz meyvesine ait çalışma bulunamamıştır. Yapılan bir çalışmada kavun dilimlerinin farklı sıcaklıklarda kurutulması sonucu ortaya çıkan kuruma eğrisinin Midilli model ile en iyi şekilde tanımlandığı bildirilmektedir (Azadbakht ve diğ. 2012). da Cunha ve diğ. (2020) 60 °C'de kurutulan kavun dilimlerinin kuruma eğrisinin en iyi Two-Terms model ile açıklanabildiğini belirtmişlerdir. Brandao ve diğ. (2022) ise 60 °C kurutulan kantalop kavunlarının kuruma eğrisinin en iyi Two-Terms modele uyum gösterdiğini bildirmişlerdir. Bir diğer çalışmada Chang ve diğ. (2022), kısa dalga kızılötesi ile 55, 60 ve 65 °C sıcaklıkta kuruttukları kantalop kavunlarının kuruma eğrisinin en iyi Page modele uyum gösterdiğini rapor etmişlerdir. Kuruma eğrisini tanımlayan modeller yapılan çalışmalarda meyve çeşidi, kurutma koşulları ve ekipmanlar, başlangıç nem içeriği ve gıda matriksine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir (Tepe ve Kadakal 2022). Diğer bir yandan hem kavun meyvesi hem de karpuz meyvesi için mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga kombine yönteminin kullanıldığı bir çalışmaya rastlanamamıştır. Bu anlamda çalışmanın sonuçları kavun ve karpuz meyvesinin mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi kurutulması ve modellenmesi açısından ilk olacaktır.

Tablo 3.5: Sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	60 °C	$k= 0,000132$	$n= 1,516$		0,00081175	0,02695	0,994
	70 °C	$k= 0,0002863$	$n= 1,488$		0,000793256	0,02622	0,9938
	80 °C	$k= 0,0004045$	$n= 1,550$		0,000960389	0,02829	0,9939
Henderson ve Pabis	60 °C	$k= 0,003020$	$a= 1,100$		0,005298008	0,06885	0,9608
	70 °C	$k= 0,004464$	$a= 1,084$		0,004816676	0,06461	0,9625
	80 °C	$k= 0,007291$	$a= 1,088$		0,006642432	0,0744	0,9581
Wang ve Singh	60 °C	$a= -0,001909$	$b= 0,0000007277$		0,000426294	0,01953	0,9968
	70 °C	$a= -0,002915$	$b= 0,000001674$		0,000273291	0,01539	0,9979
	80 °C	$a= -0,004659$	$b= 0,000004719$		0,000631492	0,02294	0,996
Parabolik	60 °C	$a= 1,027$	$b= -0,00206$	$c= 0,0000008941$	0,000314733	0,01628	0,9979
	70 °C	$a= 1,021$	$b= -0,003089$	$c= 0,000001969$	0,000207368	0,01288	0,9986
	80 °C	$a= 1,025$	$b= -0,004947$	$c= 0,000005414$	0,000611755	0,02142	0,9969
Logaritmik	60 °C	$a= 1,087$	$k= 0,003097$	$c= 0,0141$	0,00610651	0,07171	0,9576
	70 °C	$a= 1,073$	$k= 0,004560$	$c= 0,0122$	0,005566116	0,06673	0,9600
	80 °C	$a= 1,077$	$k= 0,007476$	$c= 0,0130$	0,007985616	0,07739	0,9547
Lewis	60 °C	$k= 0,002696$			0,006596064	0,07905	0,9453
	70 °C	$k= 0,004060$			0,005483541	0,07154	0,9501
	80 °C	$k= 0,006717$			0,006870556	0,07936	0,9476

Tablo 3.6: Mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Güç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	100 W	$k= 0,0001719$	$n= 1,629$		0,000365996	0,01781	0,9975
	200 W	$k= 0,0008893$	$n= 1,730$		0,000444153	0,01885	0,9977
	300 W	$k= 0,001913$	$n= 1,798$		0,000704347	0,02243	0,9971
Henderson ve Pabis	100 W	$k= 0,005601$	$a= 1,121$		0,006393823	0,07444	0,9564
	200 W	$k= 0,01956$	$a= 1,100$		0,010497362	0,09164	0,9468
	300 W	$k= 0,03411$	$a= 1,093$		0,015346926	0,1047	0,9368
Wang ve Singh	100 W	$a= -0,003366$	$b= 0,000002138$		0,000893022	0,02782	0,9939
	200 W	$a= -0,01213$	$b= 0,00002949$		0,002152813	0,0415	0,9891
	300 W	$a= -0,01962$	$b= 0,00004421$		0,002149101	0,03918	0,9911
Parabolik	100 W	$a= 1,047$	$b= -0,003804$	$c= 0,000002994$	0,000568711	0,02133	0,9967
	200 W	$a= 1,047$	$b= -0,01361$	$c= 0,00003912$	0,001807851	0,03803	0,9921
	300 W	$a= 1,037$	$b= -0,02188$	$c= 0,00007321$	0,002567058	0,0383	0,9932
Logaritmik	100 W	$a= 1,111$	$k= 0,00572$	$c= 0,0113$	0,0073728	0,0768	0,9536
	200 W	$a= 1,090$	$k= 0,01996$	$c= 0,0110$	0,011084986	0,09417	0,9438
	300 W	$a= 1,084$	$k= 0,03467$	$c= 0,0099$	0,019923558	0,1067	0,9343
Lewis	100 W	$k= 0,005001$			0,007896667	0,08585	0,9375
	200 W	$k= 0,01787$			0,011570455	0,09621	0,933
	300 W	$k= 0,03125$			0,012985292	0,1055	0,9229

Tablo 3.7: Vakum kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Basınç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	60 °C (21,3 kPa)	$k= 0,00007201$	$n= 1,513$		0,000686978	0,02514	0,9948
	70 °C (21,3 kPa)	$k= 0,0004203$	$n= 1,370$		0,000499324	0,02099	0,9961
	80 °C (21,3 kPa)	$k= 0,0004504$	$n= 1,463$		0,000694983	0,02425	0,995
Henderson ve Pabis	60 °C (21,3 kPa)	$k= 0,002022$	$a= 1,103$		0,004788018	0,06637	0,964
	70 °C (21,3 kPa)	$k= 0,003697$	$a= 1,077$		0,002997718	0,05143	0,9766
	80 °C (21,3 kPa)	$k= 0,005623$	$a= 1,080$		0,004622388	0,06254	0,9668
Wang ve Singh	60 °C (21,3 kPa)	$a= -0,001257$	$b= 0,0000003081$		0,000474793	0,0209	0,9964
	70 °C (21,3 kPa)	$a= -0,00254$	$b= 0,000001545$		0,000124474	0,01048	0,999
	80 °C (21,3 kPa)	$a= -0,003774$	$b= 0,000003217$		0,000407983	0,01858	0,9971
Parabolik	60 °C (21,3 kPa)	$a= 1,029$	$b= -0,001369$	$c= 0,0000003924$	0,000321874	0,01683	0,9978
	70 °C (21,3 kPa)	$a= 1,017$	$b= -0,002646$	$c= 0,000001679$	7,55344E-05	0,007887	0,9995
	80 °C (21,3 kPa)	$a= 1,023$	$b= -0,003987$	$c= 0,000003629$	0,000348796	0,01638	0,9979
Logaritmik	60 °C (21,3 kPa)	$a= 1,093$	$k= 0,002063$	$c= 0,0109$	0,005314991	0,06839	0,9617
	70 °C (21,3 kPa)	$a= 1,069$	$k= 0,003768$	$c= 0,0102$	0,003487293	0,05359	0,9746
	80 °C (21,3 kPa)	$a= 1,069$	$k= 0,005755$	$c= 0,0125$	0,005497571	0,06503	0,9641
Lewis	60 °C (21,3 kPa)	$k= 0,001798$			0,006420646	0,07851	0,9474
	70 °C (21,3 kPa)	$k= 0,003384$			0,003708599	0,05908	0,9670
	80 °C (21,3 kPa)	$k= 0,005174$			0,005052151	0,06829	0,9568

Tablo 3.8: Sıcak hava-mikrodalga kombine (60 °C + 100 W ve 60 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Güç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	60 °C + 100 W	$k= 0,0001918$	$n= 1,704$		0,000642626	0,02293	0,9963
	60 °C + 200 W	$k= 0,001065$	$n= 1,713$		0,000881339	0,02571	0,9959
Henderson ve Pabis	60 °C + 100 W	$k= 0,007494$	$a= 1,111$		0,009204272	0,08678	0,9469
	60 °C + 200 W	$k= 0,02050$	$a= 1,089$		0,011796378	0,09406	0,9445
Wang ve Singh	60 °C + 100 W	$a= -0,00446$	$b= 0,000003386$		0,001322141	0,03289	0,9924
	60 °C + 200 W	$a= -0,01234$	$b= 0,00002483$		0,001397089	0,03237	0,9934
Parabolik	60 °C + 100 W	$a= 1,044$	$b= -0,005014$	$c= 0,000004853$	0,000982328	0,02835	0,9950
	60 °C + 200 W	$a= 1,032$	$b= -0,01347$	$c= 0,00003317$	0,001293763	0,03115	0,9949
Logaritmik	60 °C + 100 W	$a= 1,101$	$k= 0,007645$	$c= 0,0112$	0,009709525	0,08913	0,9440
	60 °C + 200 W	$a= 1,077$	$k= 0,02097$	$c= 0,0129$	0,012498817	0,09682	0,9412
Lewis	60 °C + 100 W	$k= 0,006755$			0,010926303	0,09455	0,9299
	60 °C + 200 W	$k= 0,01886$			0,012316176	0,09611	0,9324

Tablo 3.9: Sıcak hava-mikrodalga kombine (70 °C + 100 W ve 70 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Güç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70 °C + 100 W	$k= 0,0002816$	$n= 1,690$		0,000434937	0,01959	0,9969
	70 °C + 200 W	$k= 0,001622$	$n= 1,680$		0,000827367	0,02431	0,9965
Henderson ve Pabis	70 °C + 100 W	$k= 0,009103$	$a= 1,133$		0,006898736	0,07802	0,9503
	70 °C + 200 W	$k= 0,02416$	$a= 1,077$		0,012281074	0,09366	0,9487
Wang ve Singh	70 °C + 100 W	$a= -0,00521$	$b= 0,000003854$		0,001002397	0,02974	0,9928
	70 °C + 200 W	$a= -0,01498$	$b= 0,00004104$		0,001373319	0,03132	0,9943
Parabolik	70 °C + 100 W	$a= 1,052$	$b= -0,006048$	$c= 0,000006675$	0,000557043	0,02217	0,9963
	70 °C + 200 W	$a= 1,028$	$b= -0,01611$	$c= 0,00005068$	0,00136369	0,03121	0,9954
Logaritmik	70 °C + 100 W	$a= 1,123$	$k= 0,009279$	$c= 0,0108$	0,00725696	0,08002	0,9478
	70 °C + 200 W	$a= 1,065$	$k= 0,02469$	$c= 0,0122$	0,013018243	0,09643	0,9456
Lewis	70 °C + 100 W	$k= 0,007997$			0,009550872	0,0918	0,9267
	70 °C + 200 W	$k= 0,02251$			0,012098186	0,09296	0,9393

Tablo 3.10: Sıcak hava-mikrodalga kombine (80 °C + 100 W ve 80 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Güç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	80 °C + 100 W	$k= 0,0002966$	$n= 1,744$		0,001025349	0,02981	0,9932
	80 °C + 200 W	$k= 0,00248$	$n= 1,644$		0,000840403	0,02367	0,997
Henderson ve Pabis	80 °C + 100 W	$k= 0,01095$	$a= 1,122$		0,009061736	0,08862	0,9402
	80 °C + 200 W	$k= 0,02843$	$a= 1,064$		0,013180781	0,09374	0,9528
Wang ve Singh	80 °C + 100 W	$a= -0,006367$	$b= 0,000006497$		0,001400568	0,03484	0,9908
	80 °C + 200 W	$a= -0,01792$	$b= 0,00006036$		0,001161763	0,02783	0,9958
Parabolik	80 °C + 100 W	$a= 1,044$	$b= -0,007172$	$c= 0,000009581$	0,001118884	0,03114	0,9932
	80 °C + 200 W	$a= 1,021$	$b= -0,01894$	$c= 0,00007066$	0,001272835	0,02913	0,9966
Logaritmik	80 °C + 100 W	$a= 1,112$	$k= 0,01117$	$c= 0,0115$	0,009544503	0,09095	0,937
	80 °C + 200 W	$a= 1,053$	$k= 0,02903$	$c= 0,0117$	0,01396548	0,09649	0,95
Lewis	80 °C + 100 W	$k= 0,009763$			0,011113223	0,09814	0,9211
	80 °C + 200 W	$k= 0,02681$			0,01209606	0,0898	0,9458

Tablo 3.11: Sıcak hava kurutma yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	60 °C	$k= 0,0001252$	$n= 1,502$		0,000440339	0,01996	0,9968
	70 °C	$k= 0,0002590$	$n= 1,502$		0,000795354	0,02611	0,9939
	80 °C	$k= 0,0004159$	$n= 1,528$		0,000767501	0,02529	0,9950
Henderson ve Pabis	60 °C	$k= 0,002786$	$a= 1,107$		0,004497497	0,06379	0,9676
	70 °C	$k= 0,004387$	$a= 1,087$		0,004979344	0,06533	0,9615
	80 °C	$k= 0,006833$	$a= 1,091$		0,005861535	0,06989	0,9622
Wang ve Singh	60 °C	$a= -0,001801$	$b= 0,0000007281$		0,00066181	0,02447	0,9952
	70 °C	$a= -0,002830$	$b= 0,000001502$		0,000287572	0,01570	0,9978
	80 °C	$a= -0,004469$	$b= 0,000004476$		0,000815574	0,02607	0,9947
Parabolik	60 °C	$a= 1,040$	$b= -0,001993$	$c= 0,0000009099$	0,000365918	0,01771	0,9976
	70 °C	$a= 1,023$	$b= -0,003023$	$c= 0,000001829$	0,000198546	0,01249	0,9987
	80 °C	$a= 1,034$	$b= -0,004829$	$c= 0,000005258$	0,000684634	0,02266	0,9964
Logaritmik	60 °C	$a= 1,097$	$k= 0,002845$	$c= 0,0113$	0,005112847	0,06620	0,9651
	70 °C	$a= 1,077$	$k= 0,004478$	$c= 0,0119$	0,005771405	0,06734	0,9591
	80 °C	$a= 1,083$	$k= 0,006941$	$c= 0,0084$	0,006852608	0,07169	0,9602
Lewis	60 °C	$k= 0,002473$			0,006130413	0,07641	0,9511
	70 °C	$k= 0,003971$			0,005732636	0,07296	0,948
	80 °C	$k= 0,006258$			0,00634095	0,07624	0,9505

Tablo 3.12: Mikrodalga kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Güç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	100 W	$k= 0,0002249$	$n= 1,574$		0,000369291	0,01789	0,9974
	200 W	$k= 0,0006713$	$n= 1,783$		0,000840683	0,02511	0,9961
	300 W	$k= 0,002208$	$n= 1,763$		0,00092973	0,02577	0,9961
Henderson ve Pabis	100 W	$k= 0,005471$	$a= 1,112$		0,005525354	0,0692	0,9611
	200 W	$k= 0,01851$	$a= 1,097$		0,013333333	0,1000	0,9376
	300 W	$k= 0,03447$	$a= 1,086$		0,0145656	0,1020	0,9394
Wang ve Singh	100 W	$a= -0,003380$	$b= 0,000002295$		0,000694293	0,02453	0,9951
	200 W	$a= -0,01064$	$b= 0,00001335$		0,001599906	0,03464	0,9925
	300 W	$a= -0,02016$	$b= 0,00005273$		0,001533854	0,0331	0,9936
Parabolik	100 W	$a= 1,042$	$b= -0,003764$	$c= 0,000003029$	0,00042366	0,01841	0,9975
	200 W	$a= 1,035$	$b= -0,01181$	$c= 0,00002032$	0,001738179	0,03296	0,9944
	300 W	$a= 1,030$	$b= -0,02201$	$c= 0,00007644$	0,001868969	0,03268	0,9950
Logaritmik	100 W	$a= 1,102$	$k= 0,005591$	$c= 0,0116$	0,00640641	0,07159	0,9583
	200 W	$a= 1,086$	$k= 0,018888$	$c= 0,0114$	0,016744464	0,10230	0,9347
	300 W	$a= 1,079$	$k= 0,0349$	$c= 0,0074$	0,01878268	0,10360	0,9375
Lewis	100 W	$k= 0,004912$			0,006833164	0,07986	0,9442
	200 W	$k= 0,01688$			0,01210104	0,10290	0,9229
	300 W	$k= 0,03179$			0,012114212	0,10190	0,9275

Tablo 3.13: Vakum kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Basınç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	60 °C (21,3 kPa)	$k= 0,00003901$	$n= 1,516$		0,000678484	0,02527	0,9948
	70 °C (21,3 kPa)	$k= 0,00006078$	$n= 1,593$		0,000552598	0,02236	0,996
	80 °C (21,3 kPa)	$k= 0,0002030$	$n= 1,477$		0,000613165	0,02326	0,9953
Henderson ve Pabis	60 °C (21,3 kPa)	$k= 0,001385$	$a= 1,103$		0,004311296	0,06370	0,9668
	70 °C (21,3 kPa)	$k= 0,002486$	$a= 1,115$		0,005819159	0,07256	0,9574
	80 °C (21,3 kPa)	$k= 0,003431$	$a= 1,096$		0,004400208	0,06231	0,9664
Wang ve Singh	60 °C (21,3 kPa)	$a= -0,0008515$	$b= 0,0000001409$		0,000379536	0,0189	0,9971
	70 °C (21,3 kPa)	$a= -0,001500$	$b= 0,0000003841$		0,000839507	0,02756	0,9939
	80 °C (21,3 kPa)	$a= -0,002222$	$b= 0,000001025$		0,000337238	0,01725	0,9974
Parabolik	60 °C (21,3 kPa)	$a= 1,031$	$b= -0,0009296$	$c= 0,0000001805$	0,000201965	0,01357	0,9985
	70 °C (21,3 kPa)	$a= 1,041$	$b= -0,001699$	$c= 0,0000005717$	0,000539292	0,02150	0,9965
	80 °C (21,3 kPa)	$a= 1,029$	$b= -0,002407$	$c= 0,000001258$	0,000181327	0,01222	0,9988
Logaritmik	60 °C (21,3 kPa)	$a= 1,094$	$k= 0,001413$	$c= 0,0107$	0,004731333	0,06568	0,9647
	70 °C (21,3 kPa)	$a= 1,107$	$k= 0,002530$	$c= 0,0100$	0,006450978	0,07436	0,9553
	80 °C (21,3 kPa)	$a= 1,089$	$k= 0,003478$	$c= 0,0077$	0,004936481	0,06376	0,9648
Lewis	60 °C (21,3 kPa)	$k= 0,001235$			0,00606274	0,07671	0,9503
	70 °C (21,3 kPa)	$k= 0,002175$			0,007869083	0,08657	0,9362
	80 °C (21,3 kPa)	$k= 0,003071$			0,005615621	0,07270	0,9512

Tablo 3.14: Sıcak hava-mikrodalga kombine (60 °C + 100 W ve 60 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Güç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	60 °C + 100 W	$k= 0,0001526$	$n= 1,715$		0,000830028	0,0263	0,9950
	60 °C + 200 W	$k= 0,0005946$	$n= 1,806$		0,000628993	0,02307	0,9962
Henderson ve Pabis	60 °C + 100 W	$k= 0,006797$	$a= 1,115$		0,009170708	0,08742	0,9446
	60 °C + 200 W	$k= 0,01895$	$a= 1,133$		0,01019738	0,09289	0,9383
Wang ve Singh	60 °C + 100 W	$a= -0,003987$	$b= 0,000002547$		0,001243435	0,03219	0,9925
	60 °C + 200 W	$a= -0,01044$	$b= 0,00001269$		0,001455182	0,03509	0,9912
Parabolik	60 °C + 100 W	$a= 1,043$	$b= -0,004485$	$c= 0,000003748$	0,001033421	0,02784	0,9949
	60 °C + 200 W	$a= 1,053$	$b= -0,01217$	$c= 0,00002451$	0,00107977	0,02882	0,9946
Logaritmik	60 °C + 100 W	$a= 1,105$	$k= 0,006929$	$c= 0,0108$	0,010711383	0,08963	0,9418
	60 °C + 200 W	$a= 1,124$	$k= 0,01929$	$c= 0,0103$	0,011725091	0,09497	0,9355
Lewis	60 °C + 100 W	$k= 0,006101$			0,010030791	0,09589	0,9267
	60 °C + 200 W	$k= 0,01674$			0,011762443	0,1042	0,9153

Tablo 3.15: Sıcak hava-mikrodalga kombine (70 °C + 100 W ve 70 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Güç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70 °C + 100 W	$k= 0,0003475$	$n= 1,632$		0,000628321	0,02242	0,9965
	70 °C + 200 W	$k= 0,0008605$	$n= 1,779$		0,00067153	0,02344	0,9962
Henderson ve Pabis	70 °C + 100 W	$k= 0,008579$	$a= 1,098$		0,008372232	0,08184	0,9539
	70 °C + 200 W	$k= 0,02152$	$a= 1,120$		0,01055055	0,09291	0,9396
Wang ve Singh	70 °C + 100 W	$a= -0,005323$	$b= 0,000005652$		0,001110795	0,02981	0,9939
	70 °C + 200 W	$a= -0,01217$	$b= 0,00001799$		0,001510942	0,03516	0,9913
Parabolik	70 °C + 100 W	$a= 1,038$	$b= -0,005861$	$c= 0,000007224$	0,000962004	0,02595	0,9959
	70 °C + 200 W	$a= 1,047$	$b= -0,01396$	$c= 0,00003221$	0,001251565	0,03017	0,9943
Logaritmik	70 °C + 100 W	$a= 1,089$	$k= 0,008738$	$c= 0,0099$	0,010094405	0,08406	0,9514
	70 °C + 200 W	$a= 1,111$	$k= 0,02187$	$c= 0,0094$	0,012341543	0,09474	0,9372
Lewis	70 °C + 100 W	$k= 0,007835$			0,008549776	0,08772	0,9404
	70 °C + 200 W	$k= 0,01920$			0,011399564	0,1018	0,9194

Tablo 3.16: Sıcak hava-mikrodalga kombine (80 °C + 100 W ve 80 °C + 200 W) kurutma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Güç	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	80 °C + 100 W	$k= 0,0004029$	$n= 1,647$		0,000654369	0,02256	0,9967
	80 °C + 200 W	$k= 0,001765$	$n= 1,657$		0,000607202	0,02204	0,9966
Henderson ve Pabis	80 °C + 100 W	$k= 0,009804$	$a= 1,094$		0,00940549	0,08553	0,9523
	80 °C + 200 W	$k= 0,02461$	$a= 1,109$		0,0086528	0,0832	0,9522
Wang ve Singh	80 °C + 100 W	$a= -0,005989$	$b= 0,000006831$		0,001034087	0,02836	0,9947
	80 °C + 200 W	$a= -0,01481$	$b= 0,00003880$		0,001507716	0,03473	0,9917
Parabolik	80 °C + 100 W	$a= 1,035$	$b= -0,006548$	$c= 0,000008719$	0,000966217	0,02538	0,9964
	80 °C + 200 W	$a= 1,047$	$b= -0,01679$	$c= 0,00005613$	0,00123564	0,02941	0,9948
Logaritmik	80 °C + 100 W	$a= 1,085$	$k= 0,009983$	$c= 0,0099$	0,011565894	0,08781	0,9497
	80 °C + 200 W	$a= 1,100$	$k= 0,02509$	$c= 0,0107$	0,010423681	0,08542	0,9496
Lewis	80 °C + 100 W	$k= 0,009003$			0,009086194	0,08987	0,9398
	80 °C + 200 W	$k= 0,02220$			0,00928624	0,09142	0,9351

3.2.3 Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Renk Değişimleri

Meyve ve sebze ürünlerinin renkleri doğal renk pigmentleri olan karotenoidler, antosiyaninler, klorofiller ve betalainden ileri gelmektedir. Ancak bu doğal pigmentler ısı hassasiyete sahip oldukları için kurutma gibi işlemlerden olumsuz yönde etkilenecek şekilde parçalanmaktadırlar (Yang ve diğ. 2018). Bu pigmentlerin değişimleri renk ölçümünde sıklıkla kullanılan L^* , a^* ve b^* değerlerini etkilemektedir. L^* (0 = siyah, 100 = beyaz), a^* (a^{*+} = kırmızı, a^{*-} = yeşil) ve b^* (b^{*+} = sarı, b^{*-} = mavi) değerleri belirtildiği şekilde renkleri ve yoğunluklarını ifade etmektedir. (Cemeroğlu 2013^b). Tepe ve diğ. (2022) L^* değerinin genel olarak enzimatik esmerleşme ya da klorofillerin feofitin ve feoforbittlere dönüşümü ile alakalı olduğunu bildirmektedir. Ayrıca, klorofillerin parçalanması sonucunda karotenoidlerin renklendirme etkisinin arttığı ve böylece b^* değerinde artış meydana gelebileceği ifade edilmektedir. Akar ve Barutçu Mazı (2019) ise yüksek düzeyde klorofil korunumunun a^* değerini düşürdüğünü belirtmektedir. Bu yüzden kurutma işlemlerinde a^* ve b^* değerlerinde meydana gelen artışlar genel olarak klorofil parçalanması ile ilişkilendirilmektedir. Bununla beraber toplam renk değişimi (ΔE) L^* , a^* ve b^* değerlerinde meydana gelen değişimleri temsil etmekte olup, bu değer yükseldikçe orijinal renkten uzaklaşıldığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Ürünün renk bakımında kalitesi açısından ΔE değerinin düşük olması istenmektedir. ΔE değerinin 5'ten büyük olması eğitimli bir gözlemci tarafından bile anlaşılabilir renk değişimi gerçekleştiğini göstermektedir (Abbaspour-Gilandeh ve diğ. 2021).

Kavun meyvesi çeşide bağlı olarak beyaz, sarı, turuncu ve yeşil meyve eti rengine sahip olurken, karpuz meyvesinin ise kırmızı, turuncu ve sarı renge sahip çeşitleri mevcuttur (Tadmor ve diğ. 2010, Hermanss ve diğ. 2020). Kavun ve karpuz meyvelerinin renkleri ağırlıklı olarak karotenoidler, klorofiller ve flavonoidlerden meydana gelmektedir (Tadmor ve diğ. 2010, Hermanss ve diğ. 2020, Liman ve diğ. 2021). Kavun türlerinin birçoğu özellikle β -karoten açısından zengindir (Tadmor ve diğ. 2010). Karpuz meyvesi rengi doğrudan etkileyen likopen ve β -karoten pigmentlerini önemli düzeyde içermektedir (Sharma ve diğ. 2008). Likopen karpuz meyvesinin kırmızı renginden sorumlu ana renk pigmenti olarak görülmektedir (Gupta

ve diğ. 2015). Bu karotenoidler ısı, ışık, oksijen ve asitlere karşı oldukça hassastır. Bu yüzden ısı işlem görmüş gıdalarda bu pigmentlerin parçalanması önemli bir problem olarak belirtilmektedir (Sharma ve diğ. 2008).

Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun meyvelerinin renk değişimleri Tablo 3.17 verilmiştir. Tablo 3.17'den de görüldüğü gibi, kurutulan kavun meyvelerinin L*, a* ve b* değerleri önemli ölçüde değişiklik göstermiştir (p<0,05). Tüm kurutulan örneklerde L* değerinde azalma gözlenmiş olup, en çok azalma 300 W mikrodalga gücünde kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir. L* değerinde meydana gelen azalma yukarıda da belirtildiği gibi kavun meyvesinde bulunan klorofillerin esmer renkli feofitin ve feoforbtilere dönüşümü ile açıklanabilmektedir. Nitekim 300 W gücünde kurutulan örneklerde ortaya çıkan yanıklar L* değerinde belirlenen yüksek düzeyde azalma ile ilişkilendirmiştir. a* ve b* değerlerinde ise kurutma ile artış tespit edilmiş olup, a* değeri için en yüksek artış 60 °C + 200 W sıcak hava-mikrodalga kombine yönteminde belirlenirken, b* değerinde en yüksek artış 60 °C (21,3 kPa) şartlarında gerçekleştirilen vakum kurutma yönteminde tespit edilmiştir. a* ve b* değerlerinde meydana gelen artışlar ise daha önce ifade edildiği gibi klorofil azalışına bağlı olarak karotenoidlerin renklendirme etkisinin artışı ile ilişkilendirilmiştir. Diğer bir yandan bütün kavun meyvesi örneklerinde ΔE değeri sınır değer olan 5'i aşmıştır. Bununla beraber ΔE değerinde en fazla değişim 300 W mikrodalga gücünde kurutulan örneklerde hesaplanırken, en az değişim 60 °C'de kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Bu sonuca bağlı olarak orijinal renge en yakın olan örneklerin 60 °C'de kurutulan örnekler olduğu söylenebilmektedir.

Tablo 3.17: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin renk değişimleri

Kurutma Yöntemi	L*	a*	b*	ΔE	EI
Taze	77,40 ^a ± 0,10	-2,78 ^f ± 0,12	18,40 ^h ± 0,32	0,00	23,71
60 °C	73,55 ^b ± 0,39	5,66 ^b ± 0,35	31,64 ^b ± 0,51	16,17	60,44
70 °C	74,38 ^c ± 0,20	6,07 ^c ± 0,05	32,63 ^c ± 0,14	17,03	62,22
80 °C	75,14 ^d ± 0,31	7,77 ^d ± 0,22	32,88 ^c ± 0,23	18,06	63,73
60 °C + 100 W	55,37 ^e ± 0,48	11,80 ^e ± 0,06	32,92 ^c ± 0,21	30,15	101,56
60 °C + 200 W	46,25 ^f ± 0,04	15,09 ^a ± 0,08	29,99 ^d ± 0,22	37,74	121,60
70 °C + 100 W	67,29 ^g ± 0,32	7,32 ^d ± 0,15	32,33 ^c ± 0,15	19,96	71,53
70 °C + 200 W	49,69 ^h ± 0,16	12,32 ^g ± 0,23	28,59 ^e ± 0,02	33,16	100,17
80 °C + 100 W	72,32 ⁱ ± 0,02	6,73 ^h ± 0,05	31,67 ^b ± 0,05	17,10	62,98
80 °C + 200 W	51,26 ⁱ ± 0,21	11,03 ⁱ ± 0,04	27,87 ^f ± 0,06	31,04	91,41
60 °C (21,3 kPa)	52,65 ^j ± 0,14	11,24 ⁱ ± 0,31	38,26 ^g ± 0,16	34,69	132,38
70 °C (21,3 kPa)	55,68 ^e ± 0,30	8,14 ⁱ ± 0,09	37,35 ^a ± 0,19	30,82	113,45
80 °C (21,3 kPa)	67,29 ^g ± 0,02	-0,05 ^j ± 0,02	35,24 ⁱ ± 0,07	19,83	70,66
100 W	60,23 ^k ± 0,03	1,36 ^k ± 0,05	32,26 ^c ± 0,23	22,45	74,83
200 W	56,26 ^l ± 0,03	4,88 ^l ± 0,08	25,69 ⁱ ± 0,15	23,64	65,66
300 W	39,29 ^m ± 0,72	6,97 ^h ± 0,21	21,24 ^j ± 0,63	39,44	87,97

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Karpuz meyvelerinin farklı kurutma yöntemleri ile kurutulması sonucu meydana gelen renk değişimleri Tablo 3.18’de verilmiştir. Tablo 3.18’den de görüldüğü gibi, kurutulan karpuz meyvelerinin L*, a* ve b* değerleri önemli ölçüde değişiklik göstermiştir (p<0,05). Tüm kurutulan örneklerde L* değerinde azalma gözlenmiş olup, en çok azalma 80 °C ve 21,3 kPa basınçta vakum kurutma, 80 °C + 200 W sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ve 300 W gücünde mikrodalga ile kurutulan örneklerde gerçekleşmiştir (p<0,05). Karpuz meyvelerinin L* değerinde meydana gelen azalmalar klorofillerin feofitin ve feoforbittlere dönüşmesi ile açıklanabilmektedir. Bununla beraber 300 W gücünde mikrodalga ile kurutulan örneklerde homojen olmayan ısınmaya bağlı olarak kömürleşmeler gözlenmiştir. Kömürleşmeler de L* değerinin azalmasının önemli etkenlerinden bir tanesidir. a* değeri için sabit bir eğilim tespit edilememiş olup, a* değerinde en çok artış 60 °C’de sıcak hava yöntemi ile kurutulan örneklerde tespit edilirken, en yüksek azalış 300 W gücünde mikrodalga ile kurutulan örneklerde saptanmıştır (p<0,05). a* değerinin artışı

klorofil kayıplarına bağlı olarak likopen pigmentinin renklendirme etkisinin artışı ile açıklanabilirken, azalma ise kömürleşmeye bağlı olarak yoğun miktarda esmer renkli bileşenler ile ilişkilendirilebilmektedir. b^* değerinde ise genel olarak bir artış gözlenmiş olup, en yüksek artış $60\text{ }^\circ\text{C} + 100\text{ W}$ ve $70\text{ }^\circ\text{C} + 100\text{ W}$ sıcaklık-güç kombinasyonları ile sıcak hava-mikrodalga kombine kurutma yönteminde hesaplanmıştır ($p<0,05$). b^* değerinde meydana gelen artış da yine daha önce ifade edildiği gibi klorofil kaybına bağlı olarak sarı renk veren karotenoidlerin renklendirme etkisinin artışı ile uyum göstermektedir. En yüksek azalma ise 300 W gücünde mikrodalga kurutma ve $80\text{ }^\circ\text{C} + 200\text{ W}$ sıcaklık-güç kombinasyonu ile sıcak hava-mikrodalga kombine kurutma yönteminde belirlenmiştir ($p<0,05$). 70 ve $80\text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurutulan örnekler haricinde bütün örnekler ΔE için sınır değer olan 5 'i aşmıştır. Bununla birlikte ΔE değerinde en fazla değişim 300 W mikrodalga gücünde ve $80\text{ }^\circ\text{C} + 200\text{ W}$ sıcaklık-güç kombinasyonu ile sıcak hava-mikrodalga kombine kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerde hesaplanmıştır. Renk değişimi açısından en az değişimin 70 ve $80\text{ }^\circ\text{C}$ 'de kurutulan karpuz meyvelerinde meydana geldiği açıkça görülebilmektedir.

Tablo 3.18: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin renk değişimleri

Kurutma Yöntemi	L^*	a^*	b^*	ΔE	EI
Taze	$45,27^a \pm 0,03$	$30,99^b \pm 0,04$	$15,32^d \pm 0,05$	0,00	87,33
$60\text{ }^\circ\text{C}$	$44,44^b \pm 0,32$	$34,43^a \pm 0,49$	$20,36^b \pm 0,15$	6,16	112,33
$70\text{ }^\circ\text{C}$	$44,12^b \pm 0,06$	$31,23^c \pm 0,22$	$19,77^c \pm 0,08$	4,60	106,62
$80\text{ }^\circ\text{C}$	$43,98^{bc} \pm 0,40$	$30,78^a \pm 0,25$	$19,69^c \pm 0,04$	4,56	106,08
$60\text{ }^\circ\text{C} + 100\text{ W}$	$43,41^c \pm 0,18$	$28,59^d \pm 0,04$	$21,72^a \pm 0,23$	7,08	113,03
$60\text{ }^\circ\text{C} + 200\text{ W}$	$31,65^d \pm 0,13$	$23,25^e \pm 0,22$	$16,19^e \pm 0,33$	15,69	119,69
$70\text{ }^\circ\text{C} + 100\text{ W}$	$40,04^e \pm 0,11$	$21,12^f \pm 0,03$	$21,03^d \pm 0,07$	12,54	109,49
$70\text{ }^\circ\text{C} + 200\text{ W}$	$32,12^d \pm 0,02$	$17,72^g \pm 0,04$	$19,41^c \pm 0,19$	19,12	127,01
$80\text{ }^\circ\text{C} + 100\text{ W}$	$39,58^e \pm 0,07$	$20,15^h \pm 0,09$	$17,98^f \pm 0,11$	12,53	95,32
$80\text{ }^\circ\text{C} + 200\text{ W}$	$29,56^f \pm 0,25$	$15,12^i \pm 0,08$	$14,88^g \pm 0,07$	22,34	104,33
$60\text{ }^\circ\text{C} (21,3\text{ kPa})$	$36,52^g \pm 0,04$	$32,78^i \pm 0,23$	$17,55^h \pm 0,08$	9,21	123,31
$70\text{ }^\circ\text{C} (21,3\text{ kPa})$	$34,61^h \pm 0,25$	$32,01^a \pm 0,03$	$17,32^h \pm 0,26$	10,89	128,45
$80\text{ }^\circ\text{C} (21,3\text{ kPa})$	$29,48^f \pm 0,14$	$31,95^a \pm 0,17$	$13,75^j \pm 0,10$	15,90	130,75
100 W	$37,31^i \pm 0,08$	$25,33^l \pm 0,06$	$20,73^b \pm 0,22$	11,17	124,88
200 W	$32,61^d \pm 0,38$	$18,69^m \pm 0,07$	$20,92^b \pm 0,03$	18,52	136,5
300 W	$29,67^f \pm 0,39$	$14,92^n \pm 0,91$	$14,13^g \pm 0,38$	22,43	98,80

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir ($p<0,05$)

3.2.4 Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Rehidrasyon ve Büzüşme Oranları

Kurutma işlemi uygulanan gıdaların yapısı ve fizikokimyasal özellikleri kurutma işleminden önemli düzeyde etkilenmektedir. Rehidrasyon ve büzüşme oranı kurutulmuş gıdalarda önemli kalite parametresi olarak değerlendirilmektedir. Rehidrasyon gıdanın kaybettiği suyun bir kısmını tüketim öncesi geri kazanması anlamına gelmektedir. Böylece kurutulmuş gıdalar eski özelliklerini nispeten tekrar gösterebilmektedir. (Bhargava ve diğ. 2021). Tepe ve Tepe (2020) kurutma işleminin neden olduğu hasar düzeyinin rehidrasyon özelliklerinin belirlenmesi ile ortaya çıkarılabileceğini bildirmektedir. Kurutma sırasında gıda maddelerinin büzüşmesi, kurutulmuş ürünün dokusal kalitesini ve tadını etkileyen yaygın bir fiziksel olgudur. Meyve ve sebzeler, gözenekli ve higroskopik yapıları nedeniyle kurutma işlemi sırasında oldukça büzüşebilmektedir (Mahiuddin ve diğ. 2018). Su, gıdaların iç kısmından yüzeye doğru hareket ettiğinde, kurutma sırasında düzensiz hacim değiştiği için gıdaların hacmi azalmakta, yani büzüşme meydana gelmektedir (Khan ve Karim 2017). Gıdanın özellikleri, mikroyapı, mekanik özellikler ve işlem koşulları gibi birçok faktör gıdaların büzüşmesini önemli ölçüde etkilemektedir (Mahiuddin ve diğ. 2018). Kurutulmuş gıdaların rehidrasyon kabiliyeti ile büzüşme oranı arasında güçlü bir ilişki bulunmaktadır.

Tablo 3.19 ve Tablo 3.20’de farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinin rehidrasyon ve büzüşme oranları verilmiştir. Tablolardan da görüleceği gibi her iki meyvede de sıcaklık, güç ve sıcaklık-güç kombinasyonu arttıkça, büzüşme oranının azaldığı tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bunu sebebi ise kuruma hızı arttıkça gıdanın yüzeyinde büzüşmeyi sınırlayan mekanik bir stabilizasyonun meydana gelmesi ile ilişkilendirilmiştir (Aral ve Beşe 2016). Benzer şekilde Aral ve Beşe (2016) kurutma sıcaklığının artışı ile alıç meyvelerinin büzüşme oranlarının azaldığını gözlemlemiştir. Ayrıca, büzüşme oranının azalmasına bağlı olarak örneklerin rehidrasyon oranlarının artış gösterdiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Büzüşme oranı ile rehidrasyon kapasitesi arasında ters bir orantı olduğu, büzüşme oranı azaldıkça rehidrasyon kapasitesinin arttığı çeşitli çalışmalarda ifade edilmiştir (Aydoğdu ve diğ. 2015, Adiletta ve diğ. 2018). Kurutulmuş gıdaların rehidrasyon kapasitelerinin sıcaklık ve mikrodalga gücündeki artış ile arttığı, bunun sebebinin ise

yüksek sıcaklık ve mikrodalga gücünde daha fazla doku ve hücre hasarı olduğu bildirilmektedir. Özetle hücre ve doku zararından kaynaklı daha fazla su absorbe edilmektedir (Vega-Galvez ve diğ. 2008, Horuz ve diğ. 2017^a). Aghilinategh ve diğ. (2015) ve Beigi (2016) sıcak hava yöntemi ile kurutulan elmaların sıcaklık arttıkça rehidrasyon kapasitelerinin arttığını belirtmişlerdir. Vega-Galvez ve diğ. (2008) ve Doymaz ve Özdemir (2014) ise kurutma sıcaklığının artmasıyla sırası ile kırmızı biber ve domateslerin rehidrasyon kapasitelerinde artış meydana geldiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte, Dadali ve diğ. (2008) mikrodalga ile kuruttukları ıspanakların rehidrasyon kapasitelerinin mikrodalga gücü arttıkça arttığını gözlemlemişlerdir. Bamyaların mikrodalga ile kurutulduğu bir çalışmada da mikrodalga gücü arttıkça bamyaların rehidrasyon kapasitelerinin artış gösterdiği belirtilmiştir (Apar ve diğ. 2009). Her iki meyvede de en düşük rehidrasyon oranı 60 °C'de 21,3 kPa basınçta vakum kurutma ile kurutulan örneklerde gözlenirken, en yüksek rehidrasyon oranı 80 °C + 100 W ve 80 °C + 200 W sıcaklık-güç kombinasyonlu sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan örneklerde belirlenmiştir. Benzer şekilde, Horuz ve diğ. (2017^a) sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan vişnelerin daha yüksek rehidrasyon kapasitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada da Zielinska ve Markowski (2016) sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan yaban mersinlerinin rehidrasyon kapasitelerinin sıcak hava ve mikrodalga ile kurutulan örneklere kıyasla daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca rehidrasyon amacıyla kullanılan suyun sıcaklığının artışı ile rehidrasyon oranının arttığı gözlemlenmiştir (p<0,05). Sıcaklık artışı dokuyu rahatlatmakta, mikro kanallarda ve kapiler kanallarda genişlemeye neden olmaktadır. Böylece suyun absorbe olabileceği boşluklara daha rahat ve hızlıca girmesine olanak sağlanmaktadır. Bunun sonucunda sıcaklık arttıkça rehidrasyon kapasitesinde artış meydana gelmektedir (Tunde-Akintunde 2008, Tepe ve Kadakal 2022). Mujaffar ve Lee Loy (2016) kurutulmuş amarant yapraklarının rehidrasyon kapasitelerinin işlemin gerçekleştirildiği sıcaklık arttıkça arttığını ifade etmişlerdir. Başka bir çalışmada farklı sıcaklıklarda rehidrasyon işlemine tabi tutulan alıç meyvelerinin rehidrasyon kapasitelerinin sıcaklık artışı ile arttığı bildirilmektedir (Aral ve Beşe 2016). Benzer şekilde, Demiray ve Öztülek (2018) rehidrasyon sıcaklığı arttıkça kurutulmuş patlıcanların rehidrasyon kapasitesinde artış meydana geldiğini gözlemlemişlerdir.

Tablo 3.19: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun meyvesinin rehidrasyon ve büzüşme oranları

Kurutma Yöntemi	BO (%)	RO (40 °C)	RO (50 °C)
60 °C	85,55 ^a ± 0,24	5,17 ^d ± 0,03	5,40 ^d ± 0,02
70 °C	82,63 ^b ± 0,43	5,34 ^{bf} ± 0,05	5,57 ^b ± 0,05
80 °C	80,79 ^c ± 0,52	5,58 ^c ± 0,03	5,79 ^b ± 0,04
60 °C + 100 W	81,90 ^d ± 0,27	5,38 ^b ± 0,04	5,62 ^b ± 0,06
60 °C + 200 W	81,58 ^{ej} ± 0,43	5,42 ^b ± 0,03	5,65 ^b ± 0,04
70 °C + 100 W	80,77 ^{ce} ± 0,50	5,56 ^c ± 0,04	5,79 ^c ± 0,02
70 °C + 200 W	80,46 ^{cef} ± 0,50	5,62 ^c ± 0,03	5,82 ^c ± 0,02
80 °C + 100 W	79,82 ^f ± 0,42	5,75 ^a ± 0,03	5,96 ^a ± 0,03
80 °C + 200 W	79,81 ^f ± 0,38	5,78 ^a ± 0,04	6,01 ^a ± 0,05
60 °C (21,3 kPa)	86,97 ^g ± 0,27	5,07 ^e ± 0,01	5,28 ^e ± 0,02
70 °C (21,3 kPa)	84,86 ^a ± 0,34	5,29 ^f ± 0,05	5,48 ^d ± 0,06
80 °C (21,3 kPa)	83,06 ^{bh} ± 0,24	5,40 ^b ± 0,02	5,63 ^b ± 0,04
100 W	83,43 ^h ± 0,28	5,29 ^f ± 0,03	5,48 ^d ± 0,05
200 W	82,15 ^{bj} ± 0,37	5,25 ^{df} ± 0,06	5,45 ^d ± 0,02
300 W	80,66 ^{cef} ± 0,47	5,58 ^c ± 0,05	5,83 ^c ± 0,03

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

*BO: Büzüşme Oranı, RO: Rehidrasyon Oranı

Tablo 3.20: Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan karpuz meyvesinin rehidrasyon ve büzüşme oranları

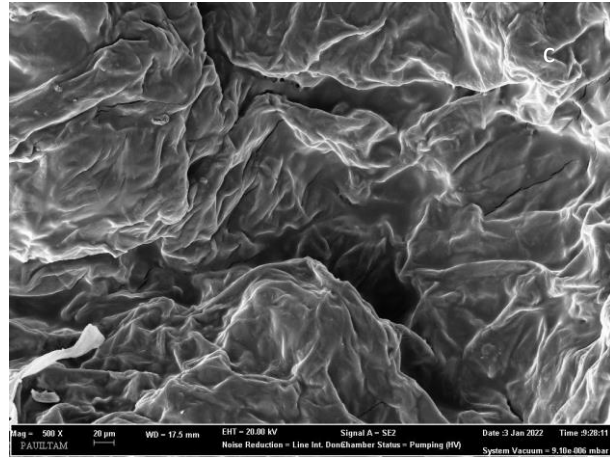
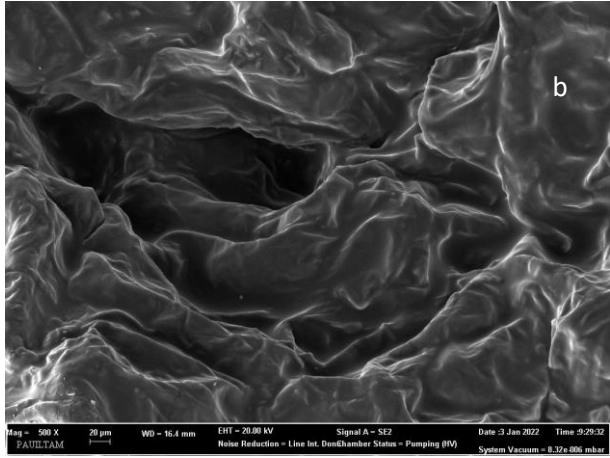
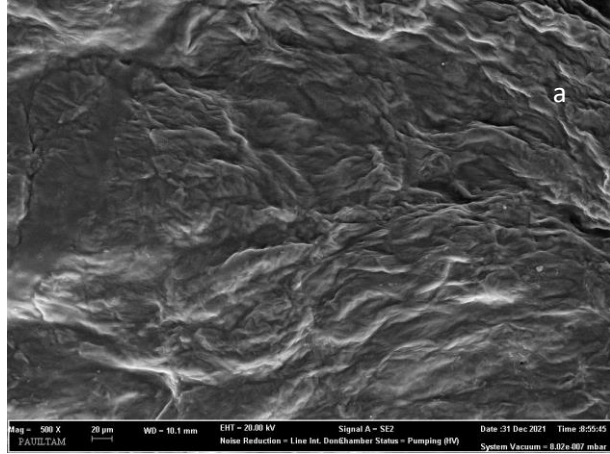
Kurutma Yöntemi	BO (%)	RO (40 °C)	RO (50 °C)
60 °C	90,74 ^a ± 0,13	4,49 ⁱ ± 0,06	4,75 ^b ± 0,06
70 °C	89,78 ^b ± 0,13	4,62 ^b ± 0,04	4,79 ^b ± 0,07
80 °C	86,13 ^c ± 0,11	4,91 ^{cd} ± 0,08	5,12 ^c ± 0,06
60 °C + 100 W	87,69 ^d ± 0,16	4,75 ^{bc} ± 0,08	4,97 ^{bc} ± 0,13
60 °C + 200 W	87,11 ^e ± 0,15	4,79 ^{bc} ± 0,07	5,00 ^{bc} ± 0,06
70 °C + 100 W	86,86 ^e ± 0,23	4,89 ^{bc} ± 0,09	5,03 ^c ± 0,11
70 °C + 200 W	85,14 ^f ± 0,12	5,11 ^{dh} ± 0,12	5,19 ^{ce} ± 0,13
80 °C + 100 W	84,36 ^g ± 0,22	5,23 ^{ad} ± 0,09	5,56 ^a ± 0,09
80 °C + 200 W	84,17 ^g ± 0,18	5,34 ^a ± 0,06	5,63 ^a ± 0,07
60 °C (21,3 kPa)	90,98 ^a ± 0,25	4,35 ^e ± 0,04	4,52 ^d ± 0,09
70 °C (21,3 kPa)	89,07 ^h ± 0,17	4,52 ^f ± 0,05	4,67 ^{bd} ± 0,08
80 °C (21,3 kPa)	88,86 ^h ± 0,15	4,68 ^g ± 0,04	4,89 ^b ± 0,14
100 W	88,10 ⁱ ± 0,23	4,62 ^g ± 0,09	4,86 ^b ± 0,07
200 W	87,89 ⁱ ± 0,17	4,64 ^g ± 0,10	4,90 ^b ± 0,07
300 W	85,14 ^f ± 0,17	5,02 ^h ± 0,07	5,21 ^e ± 0,07

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

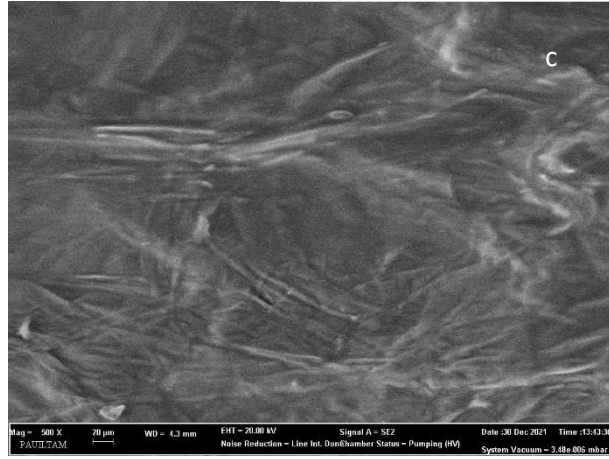
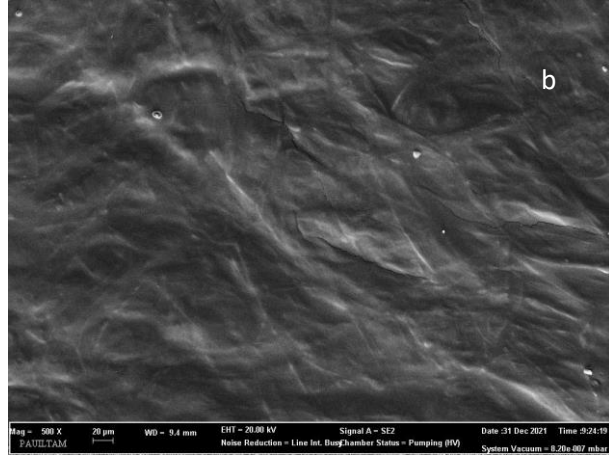
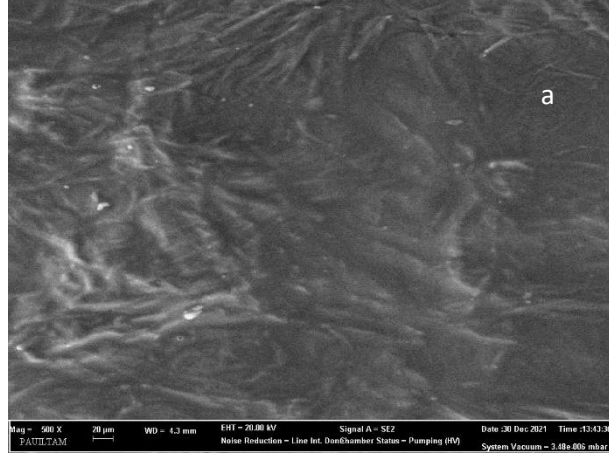
*BO: Büzüşme Oranı, RO: Rehidrasyon Oranı

3.2.5 Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Doku Değişimleri

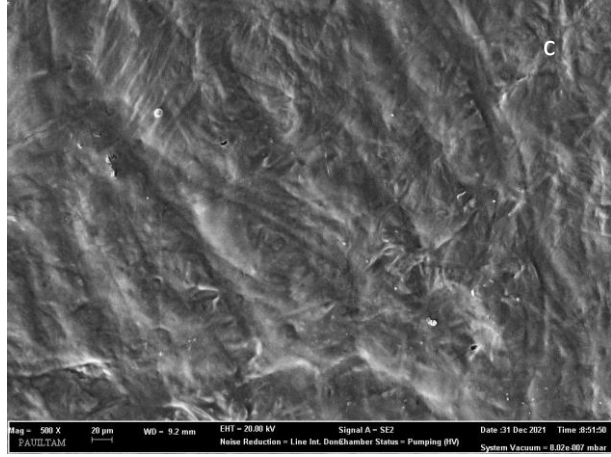
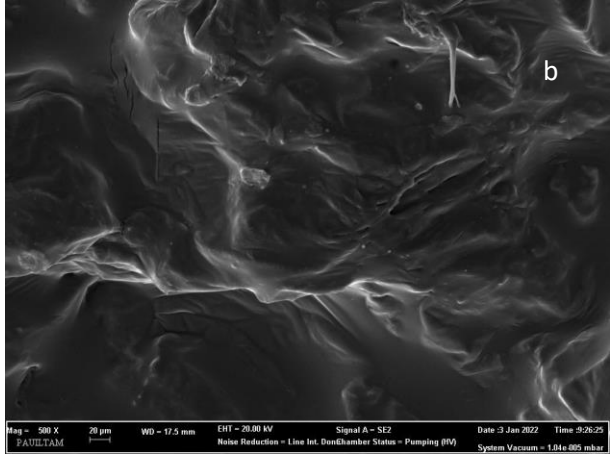
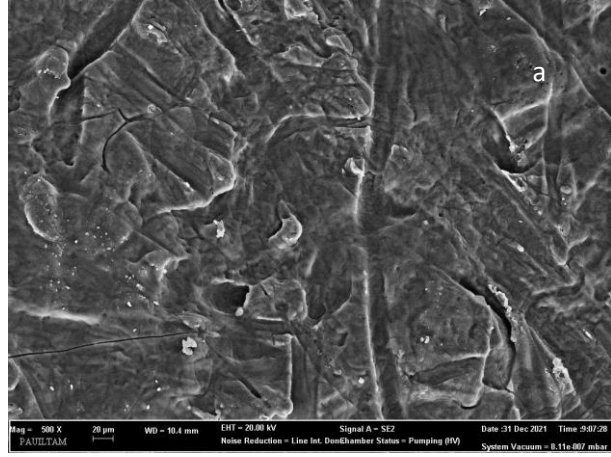
Farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerine ait SEM görüntüleri Şekil 3.5-Şekil 3.12’de verilmiştir. Uygulanan farklı kurutma yöntemleri ile doku değişimlerinin gerçekleştiği, hücre sel yapının bozularak yassı bir görünüm kazandığı görülmektedir. Vakum kurutma ile kurutulmuş örneklerin hücre sel yapılarının sıcak hava yöntemi ile kurutulan örneklere kıyasla daha fazla yassılaşıma eğilimde olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan örneklerin dokularının da uygulamaya bağlı olarak yassı bir görünüm kazandığı tespit edilmiştir. Nitekim benzer şekilde Çelen (2019) bu tez çalışmasında kullanılan dilim kalınlığına (1 cm) yakın bir kalınlıkta (9 mm) mikrodalga uygulaması ile porların sıkılaştığını bildirmiştir.



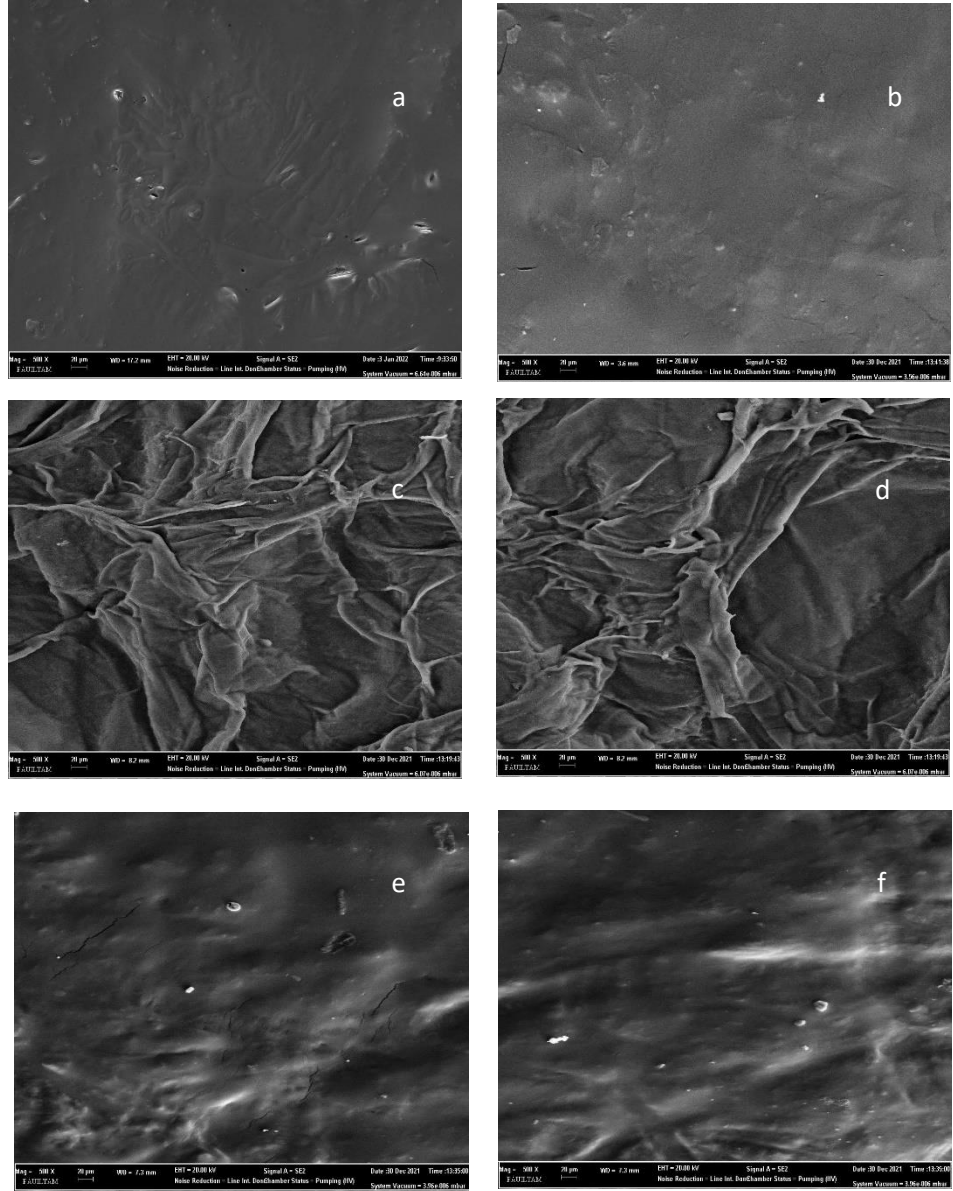
Şekil 3.5: Sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C b) 70 °C c) 80 °C



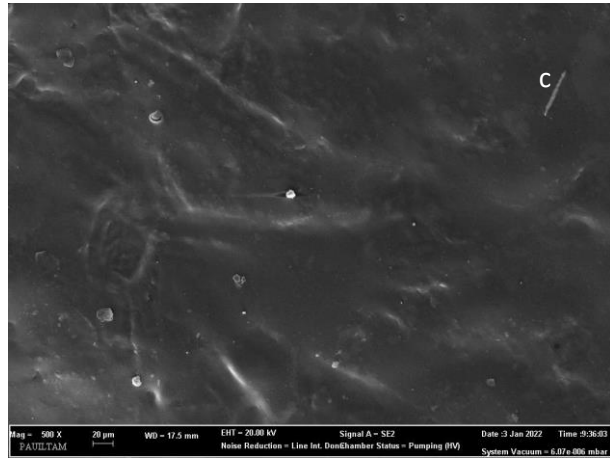
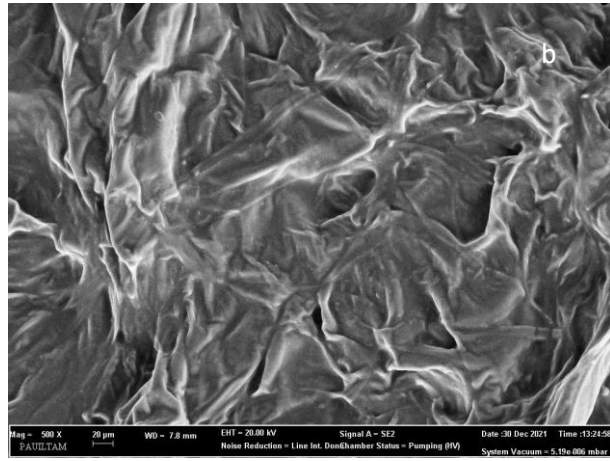
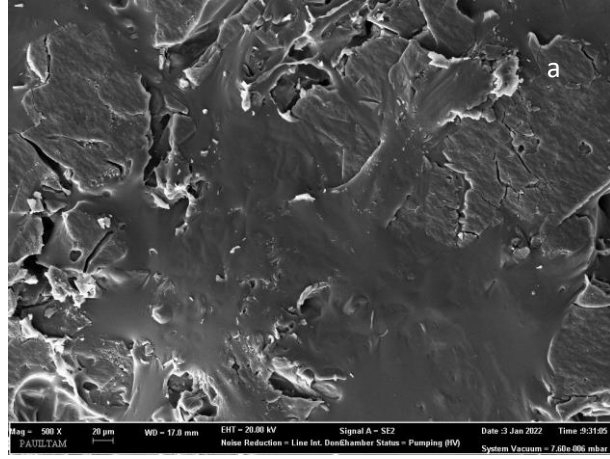
Şekil 3.6: Vakum kurutuma yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C b) 70 °C c) 80 °C



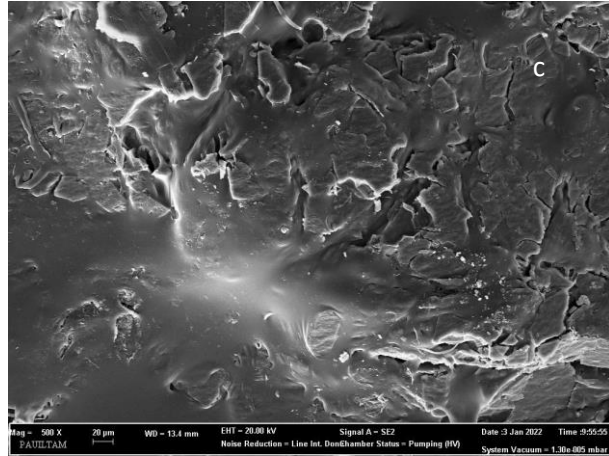
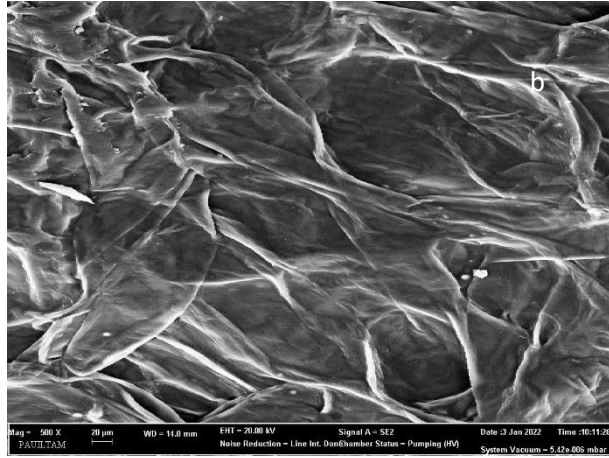
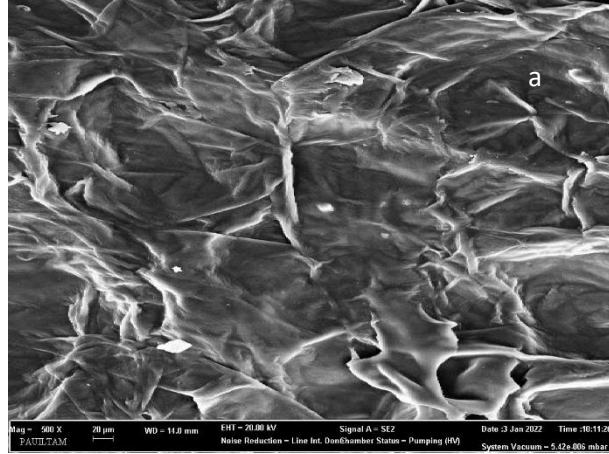
Şekil 3.7: Mikrodalga yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) 100 W b) 200 W c) 300 W



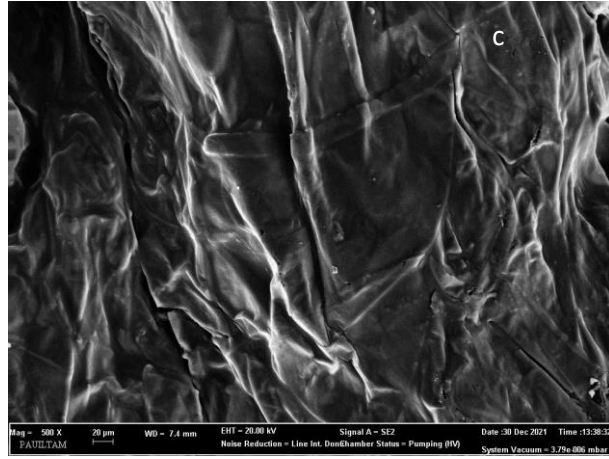
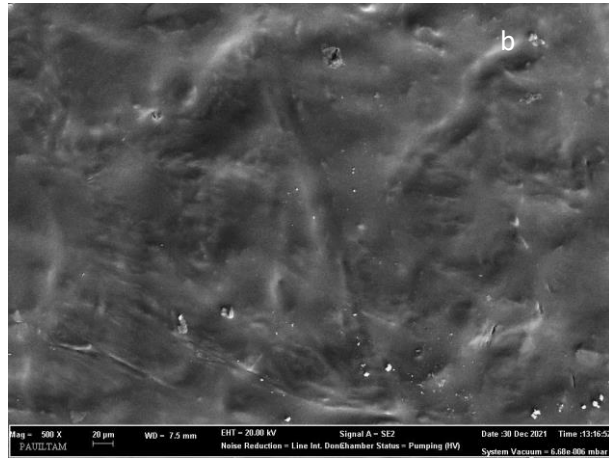
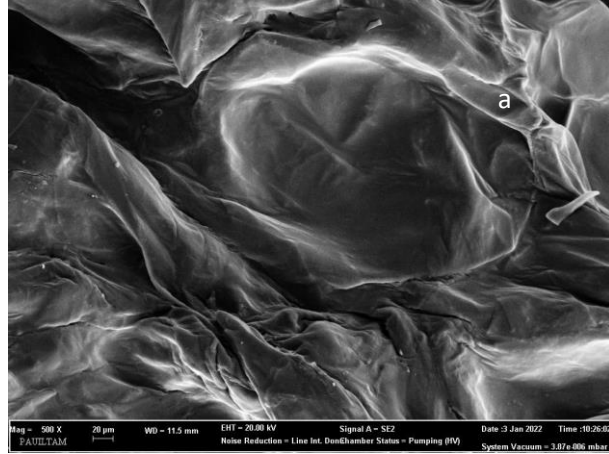
Şekil 3.8: Sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C + 100 W, b) 60 °C + 200 W, c) 70 °C + 100 W, d) 70 °C + 200 W, e) 80 °C + 100 W, f) 80 °C + 200 W



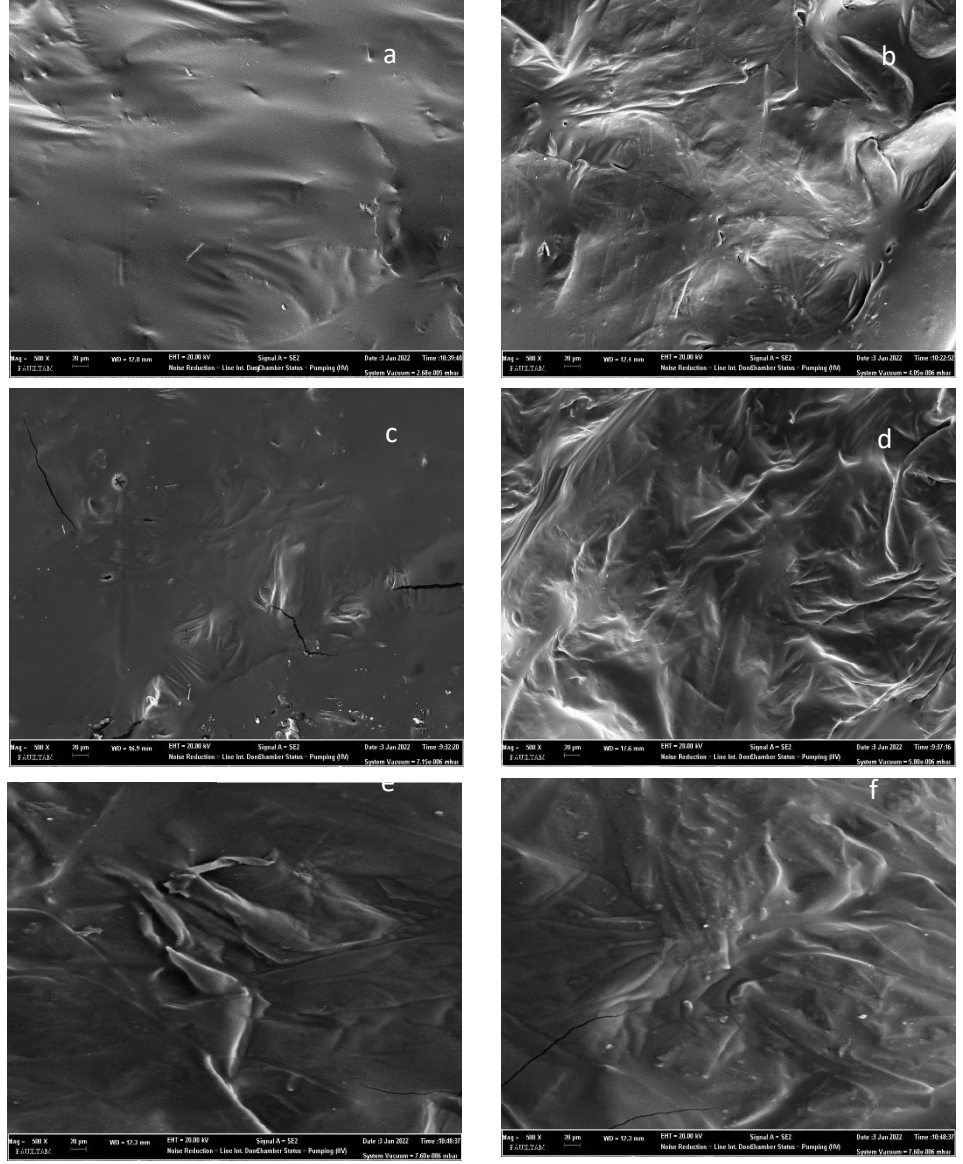
Şekil 3.9: Sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C b) 70 °C c) 80 °C



Şekil 3.10: Vakum kurutuma yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) 60 °C b) 70 °C c) 80 °C



Şekil 3.11: Mikrodalga yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) 100 W b) 200 W c) 300 W



Şekil 3.12: Sıcak hava-mikrodalg kombinasyonu ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri
a) 60 °C + 100 W, b) 60 °C + 200 W, c) 70 °C + 100 W, d) 70 °C + 200 W, e) 80 °C + 100 W, f) 80 °C + 200 W

3.3 Farklı Ön İşlemler Uygulanan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Sıcak Hava Yöntemi ile Kurutulması

3.3.1 Farklı Ön İşlemler Uygulanan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kuruma Karakteristikleri

Kavun ve karpuz meyvelerinin farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmasına bağlı olarak nem oranı ve kuruma hızı değişimlerine ilişkin

grafiksel gösterimleri sırasıyla Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te, kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları ise Tablo 3.21 ve Tablo 3.22'de verilmiştir. Tablo 3.21 ve Tablo 3.22'den de görüldüğü gibi en uzun kuruma süresi ve en düşük efektif difüzyon katsayısı ön işlem görmemiş kavun ve karpuz meyvelerinde gözlenmiştir. Bununla beraber, uygulanan tüm ön işlemler kavun ve karpuz meyvelerinin kuruma hızlarında artış meydana getirmiş olup, kuruma süreleri kısalmıştır. Kavun meyvelerinde ön işlemler arasında en yüksek kuruma hızına ve efektif difüzyon katsayısına 70 °C + %100 ET kodlu örneklerde ulaşıırken, en düşük ise 70 °C + %50 US kodlu örneklerde belirlenmiştir. Karpuz meyvelerinde de en yüksek kuruma hızı ve efektif difüzyon katsayısı 70 °C + %100 ET kodlu örneklerde gözlenirken, en düşük kuruma hızı ve efektif difüzyon katsayısı 70 °C + %50 ET, 70 °C + %0,5 SA ve 70 °C + %50 US kodlu örneklerde hesaplanmıştır. Diğer bir yandan ön işlemler arasında daha yüksek etanol konsantrasyonu, daha yüksek ultrases gücü, daha yüksek sitrik asit konsantrasyonu ve daldırma suyu sıcaklığı, daha kısa kuruma süresi ve daha yüksek kuruma hızına olanak sağlamıştır. Bu durum ise; daha yüksek etanol konsantrasyonunda hücre duvarında daha yüksek geçirgenlik ve Marangoni etkisi; daha yüksek ultrases gücünde daha fazla kavitasyon, mikro kanal ve por oluşumu; daha yüksek sitrik asit konsantrasyonunda daha fazla enzim degradasyonu, pektin çözülmesi ve geçirgenlik; daha yüksek daldırma suyu sıcaklığında daha fazla enzim degradasyonu ve yüksek geçirgenliğe olanak sağlayan doku gevşemesi ile açıklanabilmektedir. Bununla beraber Şekil 3.13 ve Şekil 3.14'te kuruma eğrilerinin sabit hızda kuruma ve azalan hızda kuruma periyotlarından meydana geldiği görülmektedir. Ancak ön işlem uygulanan kavun ve karpuz meyvelerinde azalan hızda kuruma periyodu daha kısa sürmektedir. Bu durum ise daha önce detaylı bir şekilde belirtilen ön işlemlerin enzim degradasyonu, pektin çözülmesi, kavitasyon, mikro kanal ve por oluşumu, hücre duvar geçirgenliğinde artış ve Marangoni etkisi gibi etkilerinden ileri gelmektedir (Hiranvarachat ve diğ. 2011, Wang ve diğ. 2018, Deng ve diğ. 2019, Bozkır ve diğ. 2019, Wang ve diğ. 2019, Llavata ve diğ. 2020, Zhou ve diğ. 2021).

Literatürde sitrik asit ve sıcak suya daldırma ön işlemlerinin kavun ve karpuz meyvesinin kuruma karakteristiği ile ilişkili bir veriye rastlanmamıştır. Ancak bu çalışma ile benzer sonuçların bildirildiği başka çalışmalar mevcuttur. Doymaz (2014), Song ve diğ. (2021) ve Şahin ve Doymaz (2017) sıcak suya daldırma ön işlemi görmüş

sırasıyla brokoli, perilla yaprağı ve karnabaharın kuruma hızının kontrol grubu ile kıyaslandığında daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Doymaz (2014) ve Song ve diğ. (2021) daldırma suyu sıcaklığında meydana gelen artışın kuruma hızını artırdığını belirtmektedir. Diğer yandan sitrik asit ön işleminin kuruma hızını artırdığına dair sonuçlar ayva dilimlerinde Doymaz ve diğ. (2015), brokolide Doymaz ve Sahin (2016), şeftali dilimlerinde Doymaz ve Bilici (2014), ve kivi dilimlerinde Doymaz (2020) tarafından bildirilmektedir.

Literatürde etanol ve ultrases ile ön işlem görmüş kavun meyvelerinin kurutulduğu kısıtlı sayıda çalışmaya rastlanırken, karpuz meyvesi ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanamamıştır. da Cunha ve diğ. (2020) etanol ön işlemine tabi tuttuktan sonra sıcak hava yöntemi ile kuruttukları kavun meyvelerinin ön işlem görmeyenlere kıyasla daha yüksek kuruma hızına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde başka bir çalışmada etanol çözeltisine daldırılan elmaların daha yüksek kuruma hızına sahip olduğu, ayrıca etanol konsantrasyonu arttıkça kuruma hızının arttığı belirtilmiştir (Rojas ve diğ. 2020). Guedes ve diğ. (2021) ve Zhou ve diğ. (2021) sırasıyla patates ve yeşil soğan sapının kuruma hızlarının etanol çözeltisine daldırma ile artırılabilirliğini gözlemlemiştir. Granella ve diğ. (2022) 5 dakikalık etanol ön işleminin muz dilimlerinin kuruma süresini %13,2 oranında kısalttığını tespit etmiştir. Miaona (2021) ise kereviz dilimlerinin kuruma hızının etanol ön işlemi ile önemli düzeyde artırılabilirliğini vurgulamıştır. Bunlara ek olarak, Rodrigues ve Fernandes (2007) ultrases ön işlemi uyguladıkları kavun meyvelerinin kuruma sürelerinin ön işlem uygulanmayanlara kıyasla daha kısa olduğunu tespit etmişlerdir. da Silva ve diğ. (2016) da ultrases ön işlemi uygulanan kavunların uygulanmayan örneklere kıyasla daha yüksek kuruma hızına sahip olduğunu bildirmiştir. Başka bir çalışmada da ultrases-etanol ön işlemi uygulanan kavun meyvelerinin sadece etanol ön işlemi uygulanan örneklere kıyasla daha yüksek kuruma hızına sahip olduğu rapor edilmiştir (da Cunha ve diğ. 2020). Bozkır ve diğ. (2019) sarımsak dilimlerinin kuruma hızının ultrases ön işlemi ile artırılabilirliğini vurgulamıştır. Wang ve diğ. (2019) ise kivi dilimlerinin ultrases ön işlemi ile daha kısa sürede kurutulabilirliğini gözlemlemiştir. Bunlara ek olarak, Tao ve diğ. (2016) ultrases gücü arttıkça dut yapraklarının kuruma hızının arttığını bildirmiştir. Ozuna ve diğ. (2011) de benzer şekilde ön işlemde kullanılan ultrases gücünde meydana gelen artışın patateslerin kuruma hızını artırdığını bildirmiştir. Denglin ve diğ. (2015) ultrases gücü arttıkça havuç dilimlerinin

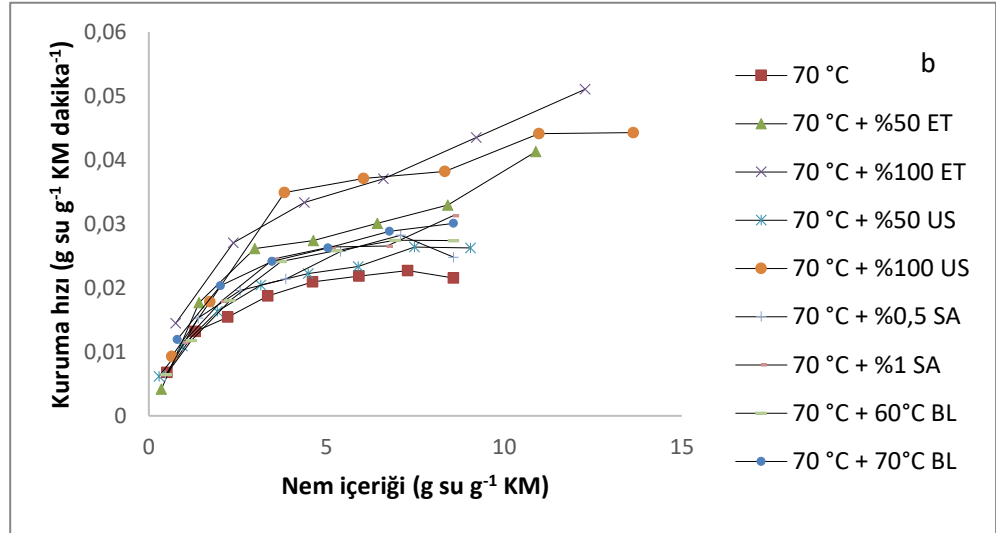
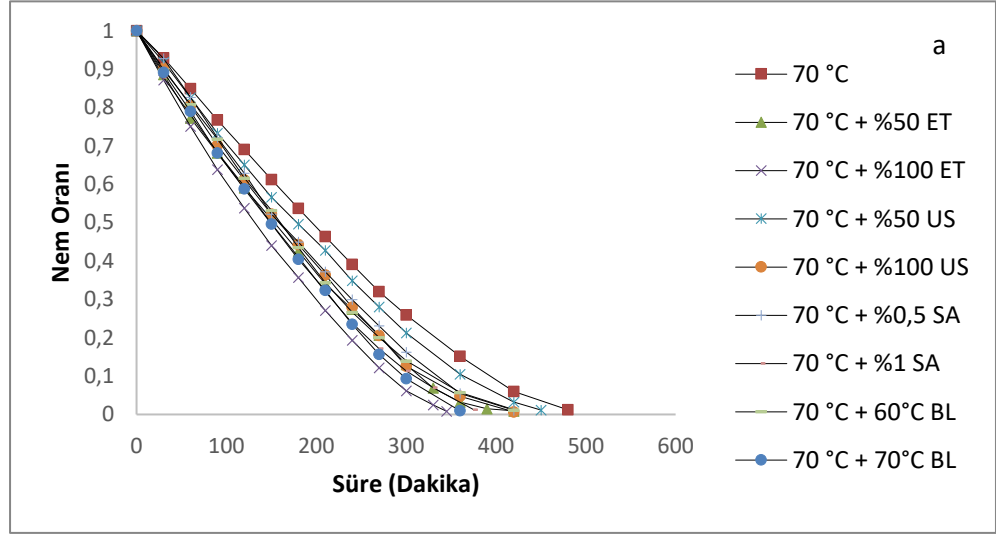
kuruma süresinin azaldığını gözlemlemiştir. Tez çalışmasında elde edilen bulgular literatürle uyum göstermektedir.

Tablo 3.21: Farklı ön işlem uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları

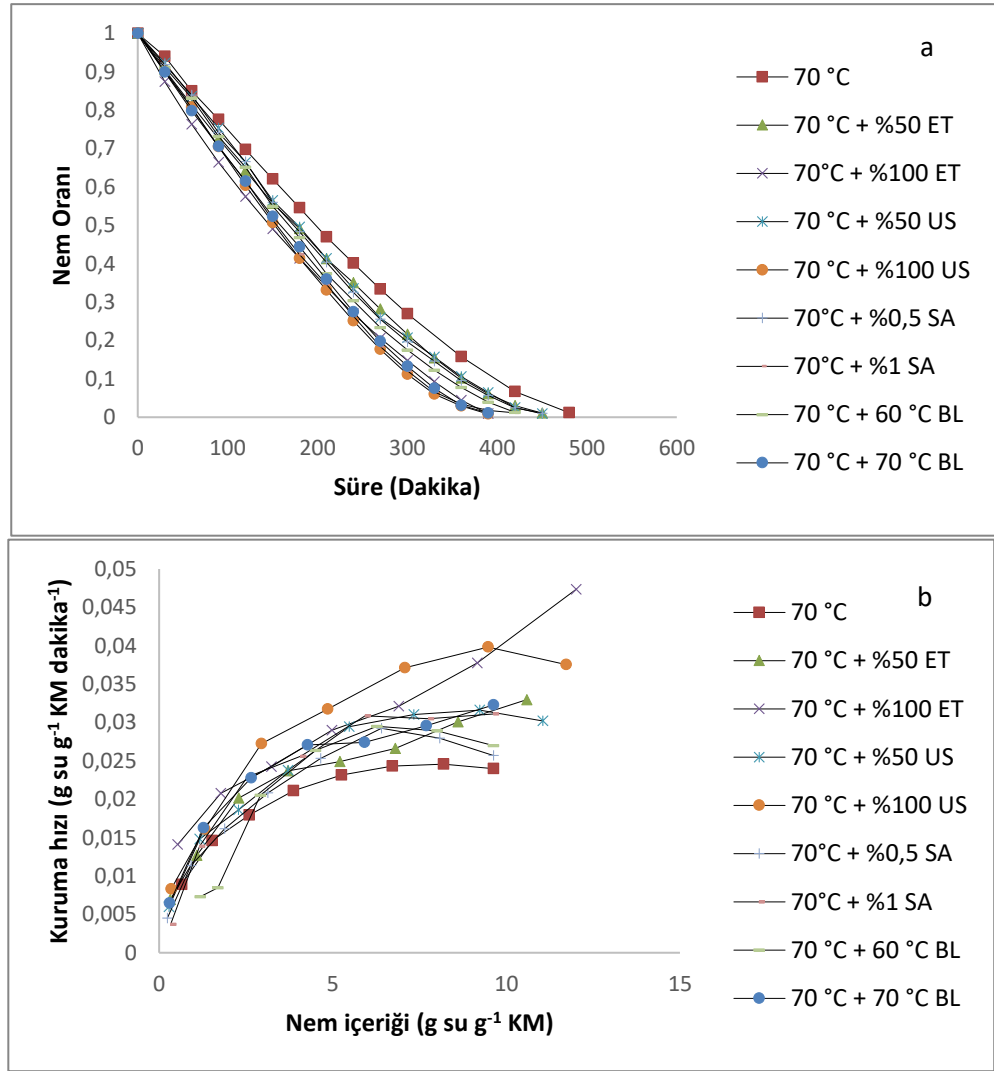
Kurutma Yöntemi	Kuruma Süresi (dk)	D_{eff} ($m^2 s^{-1}$)
70°C	480	$1,32 \times 10^{-9}$
70 °C + %50 ET	390	$1,79 \times 10^{-9}$
70 °C + %100 ET	345	$1,99 \times 10^{-9}$
70 °C+ 60 °C BL	420	$1,59 \times 10^{-9}$
70 °C+ 70 °C BL	360	$1,76 \times 10^{-9}$
70 °C + %0,5 SA	420	$1,57 \times 10^{-9}$
70 °C + %1 SA	375	$1,64 \times 10^{-9}$
70 °C + %50 US	450	$1,47 \times 10^{-9}$
70 °C + %100 US	420	$1,71 \times 10^{-9}$

Tablo 3.22: Farklı ön işlem uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin kuruma süreleri ve efektif difüzyon katsayıları

Kurutma Yöntemi	Kuruma Süresi (dk)	D_{eff} ($m^2 s^{-1}$)
70°C	480	$1,30 \times 10^{-9}$
70 °C + %50 ET	450	$1,45 \times 10^{-9}$
70 °C + %100 ET	390	$1,61 \times 10^{-9}$
70 °C+ 60 °C BL	420	$1,50 \times 10^{-9}$
70 °C+ 70 °C BL	390	$1,61 \times 10^{-9}$
70 °C + %0,5 SA	450	$1,46 \times 10^{-9}$
70 °C + %1 SA	420	$1,51 \times 10^{-9}$
70 °C + %50 US	450	$1,48 \times 10^{-9}$
70 °C + %100 US	390	$1,62 \times 10^{-9}$



Şekil 3.13: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvesinin nem oranı (a) ve kuruma hızı (b) değişimi



Şekil 3.14: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin nem oranı (a) ve kuruma hızı (b) değişimi

3.3.2 Farklı Ön İşlemler Uygulanan Kavun ve Karpuz Meyvesinde Ağırlık Kaybı, Su Kaybı ve Katı Madde Kaybı

Kavun ve karpuz meyvelerinin kuru madde başına düşen su içeriği etanol ve ultrases ön işleminden oldukça etkilenmiştir. Kavun meyvesinin ön işlem uygulanmamış başlangıç su içeriği $8,58 \text{ g su g}^{-1} \text{ KM}$ iken, %50 ET ve %100 ET ön işlemleri sonrasında sırasıyla $10,89$ ve $12,28 \text{ g su g}^{-1} \text{ KM}$ değerlerine yükselmiştir. Karpuz meyvesinin ise başlangıç su içeriği $9,63 \text{ g su g}^{-1} \text{ KM}$ olarak tespit edilmiştir. Ancak %50 ET ve %100 ET ön işlemlerinin ardından bu değerlerler sırasıyla $10,58$ ve

12,00 g su g⁻¹ KM değerlerine ulaşmıştır. Ultrases ön işlemleri sonrasında ise kavun meyvesinin su içeriği %50 US ve %100 US için sırasıyla 9,05 ve 13,64 g su g⁻¹ KM değerlerine yükselmiştir. Karpuz meyvesinin ise %50 US ve %100 US ön işlemleri sonrasında su içeriği sırasıyla 11,04 ve 11,72 g su g⁻¹ KM değerlerine yükselmiştir. Benzer sonuçlar etanol ve ultrases uygulanan kavun dilimlerinde, sarımsak dilimlerinde, kivi dilimlerinde ve muz dilimlerinde sırasıyla da Cunha ve diğ. (2020), Bozkır ve diğ. (2019), Wang ve diğ. (2019) ve La Fuente ve Tadini (2018) tarafından bildirilmiştir. Sitrik asit çözeltisine daldırma ön işleminde ve sıcak suya daldırma ön işleminde önemli bir değişiklik gözlenmemiştir. Bunun sebebi ise kısa süreli daldırma olarak değerlendirilmektedir. Kavun ve karpuz meyvelerinde etanol ve ultrases ön işlemleri sonrasında meydana gelen ağırlık kaybı, su kaybı ve katı madde kaybı sırasıyla Tablo 3.23 ve Tablo 3.24'te verilmiştir. Her iki meyvede de etanol konsantrasyonu ve ultrases gücü arttıkça ağırlık kaybı, su kaybı ve katı madde kaybının arttığı gözlenmiştir. Bu durum ise yüksek etanol ve ultrases gücünde daha fazla hücre geçirgenliği ve kavitasyon oluşması ile ilişkilendirilmiştir. Benzer şekilde Dadan ve Nowacka (2021) havuç dilimlerinin etanol çözeltisine daldırılması sonucunda %2,22 ile %8,92 arasında ağırlık kaybı meydana geldiğini ve bu kaybın süre ile artış gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Başka bir çalışmada da etanol ön işlemi uygulanan yeşil soğanların ağırlığında azalma meydana geldiği bildirilmektedir (Zhou ve diğ. 2020). Rodrigues ve Fernandes (2007) ultrases ön işlemi uygulanan kavun meyvelerinde ağırlık kaybı ve su kaybı gerçekleştiğini bildirmişlerdir. da Silva ve diğ. (2016) kavun meyvesinin ultrases ön işlemine tabi tutulması sonucunda su ve katı madde kaybı gerçekleştiğini bildirmiştir. Nowacka ve diğ. (2012) kurutma amacıyla hazırlanan elma küplerinin ağırlığının ultrases ön işlemi ile azaldığını bildirmişlerdir. Bu anlamda tez çalışmasında elde edilen bulgular literatürle uyum göstermektedir.

Tablo 3.23: Etanol ve ultrases ön işlemleri sonucu kavun meyvesinde gerçekleşen ağırlık ve su kaybı ile katı madde kayıpları

Ön işlem	Ağırlık kaybı (%)	Su kaybı (%)	Katı Madde kaybı (%)
%50 ET	16,07	12,69	3,38
%100 ET	24,05	19,33	4,72
%50 US	8,14	6,84	1,30
%100 US	16,57	11,83	4,74

Tablo 3.24: Etanol ve ultrases ön işlemleri sonucu karpuz meyvesinde gerçekleşen ağırlık ve su kaybı ile katı madde kayıpları

Ön işlem	Ağırlık kaybı (%)	Su kaybı (%)	Katı Madde kaybı (%)
%50 ET	17,86	15,54	2,32
%100 ET	26,99	23,20	3,80
%50 US	11,75	9,66	2,08
%100 US	14,91	12,19	2,72

3.3.3 Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Sıcak Hava Yöntemi ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Kuruma Kinetiğine Ait Modellemeler

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinin kurutulması sırasında elde edilen veriler Tablo 2.1’de verilen matematiksel modellere uygulanmış olup, matematiksel modellere ait sabitler ve istatistiki veriler ise Tablo 3.25-Tablo 3.32’de verilmiştir. Ön işlem uygulanmamış ve uygulanmış tüm kavun ve karpuz örneklerinin kuruma eğrileri en iyi parabolik modele uyum göstermiştir. Literatürde kavun meyvesine kurutma öncesi uygulanan ön işlemlerin kurutma kinetiğine ait kısıtlı sayıda da olsa çalışma saptanmışken, karpuz meyvesinde herhangi bir çalışmaya rastlanamamıştır. Daha önce de değinildiği gibi kurutma davranışı meyve çeşidi, kurutma şartları ve ekipmanlar, gıda matriksi ve başlangıç su içeriği gibi birçok faktörden etkilendiği için kuruma eğrisini tanımlayan modeller değişiklik gösterebilmektedir (Tepe ve Kadakal 2022). da Cunha ve diğ. (2020) etanol ön işlemleri uyguladıkları kavun dilimlerinin sıcak hava yöntemi ile kurutulması sonucunda ortaya çıkan eğrinin en iyi Logaritmik modelle uyum gösterdiğini bildirmiştir. Brandao ve diğ. (2022) ultrases ön işlemleri uygulanan ve sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin kuruma eğrisini en iyi tanımlayan modelin İki Terimli model olduğunu belirlemiştir.

Tablo 3.25: Etanol çözeltisine daldırma ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Ön İşlem	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70°C	$k= 0,0002863$	$n= 1,488$		0,000793256	0,02622	0,9938
	70°C + %50 ET	$k= 0,0005789$	$n= 1,424$		0,00141104	0,03497	0,9897
	70°C + %100 ET	$k= 0,0007488$	$n= 1,411$		0,001282324	0,03294	0,991
Henderson ve Pabis	70°C	$k= 0,004464$	$a= 1,084$		0,004816676	0,06461	0,9625
	70°C + %50 ET	$k= 0,005931$	$a= 1,074$		0,004858514	0,06489	0,9644
	70°C + %100 ET	$k= 0,006744$	$a= 1,070$		0,004745895	0,06337	0,9668
Wang ve Singh	70°C	$a= -0,002915$	$b= 0,000001674$		0,000273291	0,01539	0,9979
	70°C + %50 ET	$a= -0,003887$	$b= 0,000003478$		0,000271872	0,01535	0,9983
	70°C + %100 ET	$a= -0,004394$	$b= 0,000004337$		4,20505E-05	0,005965	0,9998
Parabolik	70°C	$a= 1,021$	$b= -0,003089$	$c= 0,000001969$	0,000207368	0,01288	0,9986
	70°C + %50 ET	$a= 1,004$	$b= -0,003924$	$c= 0,000003548$	0,000239432	0,01384	0,9983
	70°C + %100 ET	$a= 1,000$	$b= -0,004396$	$c= 0,000004342$	3,81471E-05	0,005417	0,9999
Logaritmik	70°C	$a= 1,073$	$k= 0,004560$	$c= 0,0122$	0,005566116	0,06673	0,96
	70°C + %50 ET	$a= 1,066$	$k= 0,006045$	$c= 0,0095$	0,005628013	0,0671	0,9619
	70°C + %100 ET	$a= 1,063$	$k= 0,006857$	$c= 0,0084$	0,005539922	0,06528	0,9647
Lewis	70°C	$k= 0,004060$			0,005483541	0,07154	0,9501
	70°C + %50 ET	$k= 0,005529$			0,005052395	0,06867	0,9571
	70°C + %100 ET	$k= 0,006307$			0,004816741	0,06668	0,9599

Tablo 3.26: Ultrases ön işlemleri uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Ön İşlem	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70°C	$k= 0,0002863$	$n= 1,488$		0,000793256	0,02622	0,9938
	70°C + %50 US	$k= 0,0004054$	$n= 1,448$		0,001031185	0,02973	0,9923
	70°C + %100 US	$k= 0,0004696$	$n= 1,452$		0,001024994	0,02945	0,9926
Henderson ve Pabis	70°C	$k= 0,004464$	$a= 1,084$		0,004816676	0,06461	0,9625
	70°C + %50 US	$k= 0,004917$	$a= 1,079$		0,004701329	0,06348	0,9648
	70°C + %100 US	$k= 0,005543$	$a= 1,076$		0,00484678	0,06404	0,9649
Wang ve Singh	70°C	$a= -0,002915$	$b= 0,000001674$		0,000273291	0,01539	0,9979
	70°C + %50 US	$a= -0,003236$	$b= 0,000002200$		0,000149499	0,01132	0,9989
	70°C + %100 US	$a= -0,003702$	$b= 0,000003025$		0,000357807	0,0174	0,9974
Parabolik	70°C	$a= 1,021$	$b= -0,003089$	$c= 0,000001969$	0,000207368	0,01288	0,9986
	70°C + %50 US	$a= 1,014$	$b= -0,003354$	$c= 0,000002430$	0,000130603	0,01013	0,9992
	70°C + %100 US	$a= 1,017$	$b= -0,003861$	$c= 0,000003333$	0,000309912	0,01544	0,9979
Logaritmik	70°C	$a= 1,073$	$k= 0,004560$	$c= 0,0122$	0,005566116	0,06673	0,96
	70°C + %50 US	$a= 1,069$	$k= 0,005022$	$c= 0,0115$	0,005493715	0,0657	0,9623
	70°C + %100 US	$a= 1,071$	$k= 0,005611$	$c= 0,0066$	0,005546713	0,06532	0,9635
Lewis	70°C	$k= 0,004060$			0,005483541	0,07154	0,9501
	70°C + %50 US	$k= 0,004517$			0,005151037	0,06916	0,9548
	70°C + %100 US	$k= 0,005115$			0,00515476	0,06898	0,9556

Tablo 3.27: Sitrik asit ön işlemleri uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Ön İşlem	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70°C	$k= 0,0002863$	$n= 1,488$		0,000793256	0,02622	0,9938
	70°C + %0,5 SA	$k= 0,0004003$	$n= 1,473$		0,000655996	0,02356	0,9952
	70°C + %1 SA	$k= 0,0005784$	$n= 1,430$		0,001076438	0,03018	0,9921
Henderson ve Pabis	70°C	$k= 0,004464$	$a= 1,084$		0,004816676	0,06461	0,9625
	70°C + %0,5 SA	$k= 0,005376$	$a= 1,087$		0,004579619	0,06225	0,9667
	70°C + %1 SA	$k= 0,005929$	$a= 1,070$		0,004669812	0,06286	0,9656
Wang ve Singh	70°C	$a= -0,002915$	$b= 0,000001674$		0,000273291	0,01539	0,9979
	70°C + %0,5 SA	$a= -0,003537$	$b= 0,000002667$		0,000406228	0,01854	0,997
	70°C + %1 SA	$a= -0,003903$	$b= 0,000003280$		0,000144826	0,01107	0,999
Parabolik	70°C	$a= 1,021$	$b= -0,003089$	$c= 0,000001969$	0,000207368	0,01288	0,9986
	70°C + %0,5 SA	$a= 1,028$	$b= -0,003793$	$c= 0,000003162$	0,000281682	0,01472	0,9983
	70°C + %1 SA	$a= 1,005$	$b= -0,003951$	$c= 0,000003382$	0,000130781	0,01003	0,9993
Logaritmik	70°C	$a= 1,073$	$k= 0,004560$	$c= 0,0122$	0,005566116	0,06673	0,96
	70°C + %0,5 SA	$a= 1,077$	$k= 0,005483$	$c= 0,0110$	0,005376509	0,06431	0,9645
	70°C + %1 SA	$a= 1,058$	$k= 0,006074$	$c= 0,0127$	0,005548412	0,06533	0,9628
Lewis	70°C	$k= 0,004060$			0,005483541	0,07154	0,9501
	70°C + %0,5 SA	$k= 0,004898$			0,005273507	0,06977	0,9544
	70°C + %1 SA	$k= 0,005524$			0,00478933	0,06649	0,958

Tablo 3.28: Sıcak suya daldırma asit ön işlemleri uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Ön İşlem	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70°C	$k= 0,0002863$	$n= 1,488$		0,000793256	0,02622	0,9938
	70°C + 60°C BL	$k= 0,0004301$	$n= 1,469$		0,000653215	0,02351	0,9953
	70°C + 70°C BL	$k= 0,0005086$	$n= 1,457$		0,001203587	0,03167	0,9913
Henderson ve Pabis	70°C	$k= 0,004464$	$a= 1,084$		0,004816676	0,06461	0,9625
	70°C + 60°C BL	$k= 0,005544$	$a= 1,078$		0,004659418	0,06279	0,9662
	70°C + 70°C BL	$k= 0,005927$	$a= 1,073$		0,005198727	0,06582	0,9624
Wang ve Singh	70°C	$a= -0,002915$	$b= 0,000001674$		0,000273291	0,01539	0,9979
	70°C + 60°C BL	$a= -0,003729$	$b= 0,000003129$		0,000453081	0,01958	0,9967
	70°C + 70°C BL	$a= -0,003842$	$b= 0,000002886$		0,000162588	0,01164	0,9989
Parabolik	70°C	$a= 1,021$	$b= -0,003089$	$c= 0,000001969$	0,000207368	0,01288	0,9986
	70°C + 60°C BL	$a= 1,022$	$b= -0,003936$	$c= 0,000003530$	0,000410967	0,01778	0,9975
	70°C + 70°C BL	$a= 1,009$	$b= -0,003935$	$c= 0,000003994$	0,000119827	0,00948	0,9991
Logaritmik	70°C	$a= 1,073$	$k= 0,004560$	$c= 0,0122$	0,005566116	0,06673	0,96
	70°C + 60°C BL	$a= 1,067$	$k= 0,005671$	$c= 0,0123$	0,005521268	0,06517	0,9636
	70°C + 70°C BL	$a= 1,064$	$k= 0,006029$	$c= 0,0095$	0,006075	0,0675	0,9605
Lewis	70°C	$k= 0,004060$			0,005483541	0,07154	0,9501
	70°C + 60°C BL	$k= 0,005105$			0,005052151	0,06829	0,9564
	70°C + 70°C BL	$k= 0,005485$			0,005325618	0,06987	0,9534

Tablo 3.29: Etanol çözeltilisine daldırma ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Ön İşlem	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70°C	$k= 0,0002590$	$n= 1,502$		0,000795354	0,02611	0,9939
	70°C + %50 ET	$k= 0,0004453$	$n= 1,435$		0,001139046	0,03157	0,9912
	70°C + %100 ET	$k= 0,0009907$	$n= 1,285$		0,001233809	0,03252	0,9904
Henderson ve Pabis	70°C	$k= 0,004387$	$a= 1,087$		0,004979344	0,06533	0,9615
	70°C + %50 ET	$k= 0,005116$	$a= 1,079$		0,004548969	0,06309	0,9647
	70°C + %100 ET	$k= 0,005815$	$a= 1,056$		0,003453856	0,05441	0,973
Wang ve Singh	70°C	$a= -0,002830$	$b= 0,000001502$		0,000287572	0,0157	0,9978
	70°C + %50 ET	$a= -0,003301$	$b= 0,000002356$		8,762E-05	0,008756	0,9993
	70°C + %100 ET	$a= -0,003926$	$b= 0,000003577$		6,58878E-05	0,007515	0,9995
Parabolik	70°C	$a= 1,023$	$b= -0,003023$	$c= 0,000001829$	0,000198546	0,01249	0,9987
	70°C + %50 ET	$a= 1,005$	$b= -0,003348$	$c= 0,000002440$	8,38911E-05	0,008256	0,9994
	70°C + %100 ET	$a= 0,9882$	$b= -0,003810$	$c= 0,000003337$	4,53915E-05	0,005972	0,9997
Logaritmik	70°C	$a= 1,077$	$k= 0,004478$	$c= 0,0119$	0,005771405	0,06734	0,9591
	70°C + %50 ET	$a= 1,070$	$k= 0,005225$	$c= 0,0108$	0,005251326	0,06532	0,9622
	70°C + %100 ET	$a= 1,049$	$k= 0,005923$	$c= 0,0092$	0,004034151	0,0563	0,9711
Lewis	70°C	$k= 0,003971$			0,005732636	0,07296	0,948
	70°C + %50 ET	$k= 0,004732$			0,004964233	0,06822	0,9558
	70°C + %100 ET	$k= 0,005494$			0,003473189	0,05679	0,9681

Tablo 3.30: Ultrases ön işlemleri uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Ön İşlem	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70°C	$k= 0,0002590$	$n= 1,502$		$0,000795354$	$0,02611$	$0,9939$
	70°C + %50 US	$k= 0,0002716$	$n= 1,525$		$0,000656093$	$0,02396$	$0,9951$
	70°C + %100 US	$k= 0,0003264$	$n= 1,534$		$0,000858077$	$0,02712$	$0,9941$
Henderson ve Pabis	70°C	$k= 0,004387$	$a= 1,087$		$0,004979344$	$0,06533$	$0,9615$
	70°C + %50 US	$k= 0,005172$	$a= 1,099$		$0,005162496$	$0,06721$	$0,9618$
	70°C + %100 US	$k= 0,006016$	$a= 1,093$		$0,005851384$	$0,07082$	$0,9595$
Wang ve Singh	70°C	$a= -0,002830$	$b= 0,000001502$		$0,000287572$	$0,0157$	$0,9978$
	70°C + %50 US	$a= -0,003251$	$b= 0,000002205$		$0,000336924$	$0,01717$	$0,9975$
	70°C + %100 US	$a= -0,003792$	$b= 0,000003008$		$0,000361797$	$0,01761$	$0,9975$
Parabolik	70°C	$a= 1,023$	$b= -0,003023$	$c= 0,000001829$	$0,000198546$	$0,01249$	$0,9987$
	70°C + %50 US	$a= 1,026$	$b= -0,003478$	$c= 0,000002611$	$0,00024192$	$0,01402$	$0,9985$
	70°C + %100 US	$a= 1,023$	$b= -0,004020$	$c= 0,000003477$	$0,000303803$	$0,01545$	$0,9982$
Logaritmik	70°C	$a= 1,077$	$k= 0,004478$	$c= 0,0119$	$0,005771405$	$0,06734$	$0,9591$
	70°C + %50 US	$a= 1,091$	$k= 0,005263$	$c= 0,0091$	$0,00597024$	$0,06911$	$0,09596$
	70°C + %100 US	$a= 1,086$	$k= 0,006111$	$c= 0,0083$	$0,006710088$	$0,07261$	$0,9574$
Lewis	70°C	$k= 0,003971$		$0,005732636$	$0,07296$	$0,948$	
	70°C + %50 US	$k= 0,004701$		$0,006065779$	$0,07541$	$0,9485$	
	70°C + %100 US	$k= 0,005503$		$0,006446587$	$0,07737$	$0,9476$	

Tablo 3.31: Sitrik asit ön işlemleri uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Ön İşlem	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70°C	$k= 0,0002590$	$n= 1,502$		$0,000795354$	$0,02611$	$0,9939$
	70°C + %0,5 SA	$k= 0,0002748$	$n= 1,527$		$0,000611954$	$0,02314$	$0,9955$
	70°C + %1 SA	$k= 0,0003253$	$n= 1,530$		$0,000916284$	$0,02818$	$0,9936$
Henderson ve Pabis	70°C	$k= 0,004387$	$a= 1,087$		$0,004979344$	$0,06533$	$0,9615$
	70°C + %0,5 SA	$k= 0,005267$	$a= 1,099$		$0,005171718$	$0,06727$	$0,9621$
	70°C + %1 SA	$k= 0,005964$	$a= 1,094$		$0,005749556$	$0,07059$	$0,9599$
Wang ve Singh	70°C	$a= -0,002830$	$b= 0,000001502$		$0,000287572$	$0,0157$	$0,9978$
	70°C + %0,5 SA	$a= -0,003329$	$b= 0,000002370$		$0,000391989$	$0,01852$	$0,9971$
	70°C + %1 SA	$a= -0,003822$	$b= 0,000003279$		$0,000540834$	$0,02165$	$0,9962$
Parabolik	70°C	$a= 1,023$	$b= -0,003023$	$c= 0,000001829$	$0,000198546$	$0,01249$	$0,9987$
	70°C + %0,5 SA	$a= 1,028$	$b= -0,003570$	$c= 0,000002802$	$0,000286231$	$0,01525$	$0,9982$
	70°C + %1 SA	$a= 1,026$	$b= -0,004060$	$c= 0,000003734$	$0,000484128$	$0,01968$	$0,9971$
Logaritmik	70°C	$a= 1,077$	$k= 0,004478$	$c= 0,0119$	$0,005771405$	$0,06734$	$0,9591$
	70°C + %0,5 SA	$a= 1,090$	$k= 0,005374$	$c= 0,0105$	$0,005948345$	$0,06952$	$0,9595$
	70°C + %1 SA	$a= 1,084$	$k= 0,006099$	$c= 0,0114$	$0,006708785$	$0,07326$	$0,9568$
Lewis	70°C	$k= 0,003971$			$0,005732636$	$0,07296$	$0,948$
	70°C + %0,5 SA	$k= 0,004790$			$0,006068997$	$0,07543$	$0,9489$
	70°C + %1 SA	$k= 0,005467$			$0,0063492$	$0,07698$	$0,9486$

Tablo 3.32: Sıcak suya daldırma ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin matematiksel modellerine ait sabitler ve istatistik veriler

Model	Sıcaklık ve Ön İşlem	Model Sabitleri			χ^2	RMSE	R ²
Page	70°C	$k= 0,0002590$	$n= 1,502$		0,000795354	0,02611	0,9939
	70°C + 60° BL	$k= 0,0002939$	$n= 1,525$		0,000626412	0,0233	0,9954
	70°C + 70° BL	$k= 0,0003647$	$n= 1,503$		0,001272811	0,03303	0,9909
Henderson ve Pabis	70°C	$k= 0,004387$	$a= 1,087$		0,004979344	0,06533	0,9615
	70°C + 60° BL	$k= 0,005421$	$a= 1,095$		0,005250983	0,06746	0,9617
	70°C + 70° BL	$k= 0,005747$	$a= 1,085$		0,005821678	0,07064	0,9582
Wang ve Singh	70°C	$a= -0,002830$	$b= 0,000001502$		0,000287572	0,0157	0,9978
	70°C + 60° BL	$a= -0,003420$	$b= 0,000002414$		0,000351349	0,01745	0,9974
	70°C + 70° BL	$a= -0,003608$	$b= 0,000002574$		0,000188172	0,0127	0,9986
Parabolik	70°C	$a= 1,023$	$b= -0,003023$	$c= 0,000001829$	0,000198546	0,01249	0,9987
	70°C + 60° BL	$a= 1,025$	$b= -0,003646$	$c= 0,000002847$	0,000276396	0,01487	99830
	70°C + 70° BL	$a= 1,011$	$b= -0,003716$	$c= 0,000003295$	0,000165404	0,0114	0,9988
Logaritmik	70°C	$a= 1,077$	$k= 0,004478$	$c= 0,0119$	0,005771405	0,06734	0,9591
	70°C + 60° BL	$a= 1,084$	$k= 0,005551$	$c= 0,0126$	0,006130251	0,07003	0,9587
	70°C + 70° BL	$a= 1,075$	$k= 0,005872$	$c= 0,0114$	0,006771219	0,07294	0,9554
Lewis	70°C	$k= 0,003971$			0,005732636	0,07296	0,9480
	70°C + 60° BL	$k= 0,004941$			0,006025179	0,07499	0,9490
	70°C + 70° BL	$k= 0,005289$			0,006189245	0,07581	0,9478

3.3.4 Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Sıcak Hava Yöntemi ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Renk Değişimleri

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin renk değişimleri Tablo 3.33'te verilmiştir. Tablo 3.33'ten de görüldüğü gibi, kurutulan kavun meyvelerinin L*, a* ve b* değerleri önemli ölçüde değişiklik göstermiştir ($p<0,05$). Örneklerde L* değerinin değişimi belirli bir trend göstermemiş olup, en yüksek azalma ön işlem uygulanmamış örneklerde belirlenirken, en yüksek artış ise %1 SA çözeltilisine daldırılan örneklerde belirlenmiştir ($p<0,05$). Ön işlem uygulanmamış örneklerde en yüksek azalmanın sebebi enzimatik esmerleşme ve klorofil parçalanması sonucu feofitin ve feoforbite oluşumu ile ilişkilidir (Tepe ve diğ. 2022). En yüksek artışın %1 SA çözeltilisine daldırılan örneklerde gerçekleşmesi ise enzimatik esmerleşmenin sitrik asidin şelat etkisi ile azalması ile açıklanabilmektedir (Bhat ve diğ. 2021). L* değerinin aksine, a* ve b* değerleri artış eğilimi göstermiştir ($p<0,05$). a* değerinde en yüksek artış %100 ET çözeltilisine daldırılan örneklerde tespit edilmiştir ($p<0,05$). Bu durum ise klorofil miktarının etanol çözeltilisi ile azalması sonucu kırmızı rengin daha baskın hale gelmesi (Akar ve Barutçu Mazi 2019) ve etanol çözeltilisinin doku arasındaki havanın uzaklaşmasını sağlayarak (Rojas ve Agosto 2018) daha yoğun bir görünüme olanak sağlaması ile açıklanabilmektedir. b* değerinde ise en yüksek artış %100 ET, %50 ve %100 US ön işlemi uygulanan örneklerde belirlenmiştir. a* değeri ile benzer şekilde uzaklaşan klorofille bağlı olarak sarı rengin daha belirgin hale gelmesi, etanol (Rojas ve Agosto 2018) ve ultrases işleminin dokudan havayı uzaklaştırması (Wang ve diğ. 2019) ile daha yoğun renk oluşumu ile açıklanabilmektedir. ΔE değeri yönünden örnekler incelendiğinde sınır değer olan 5'e en yakın örneklerin 60 ve 70 °C sıcak suya daldırma ön işlemine tabi tutulan örnek olduğu görülmektedir. Buradan 60 ve 70 °C'de sıcak suya daldırma ön işlemine tabi tutulan örneklerin kurutma sonunda orijinal renk olan kurutma öncesi renge en yakın sonucu verdiği anlaşılmaktadır. ΔE değerinde en fazla değişim 18,79 ile %100 ET çözeltilisine daldırılan örneklerde hesaplanmıştır. Bu da %100 ET çözeltilisine daldırılan örneklerde kurutma öncesi renkten oldukça uzaklaşıldığını göstermektedir.

Tablo 3.33: Farklı ön işlemler uygulanarak kurutulmuş kavun meyvesinin renk değişimleri

Kurutma Yöntemi	L*	a*	b*	ΔE	EI
Taze	77,40 ^e ± 0,10	-2,78 ^b ± 0,12	18,40 ^d ± 0,32	0,00	23,71
70 °C	74,38 ^b ± 0,20	6,07 ^a ± 0,05	32,63 ^b ± 0,14	17,03	62,22
70 °C + %50 ET	76,55 ^c ± 0,01	4,12 ^c ± 0,02	29,23 ^c ± 0,07	12,87	50,92
70 °C + %100 ET	75,92 ^c ± 0,65	7,34 ^d ± 0,77	34,16 ^a ± 0,61	18,79	65,29
70 °C + 60 °C BL	78,16 ^d ± 0,37	-0,31 ^e ± 0,02	24,36 ^e ± 0,15	6,50	36,07
70 °C + 70 °C BL	79,99 ^d ± 0,05	0,18 ^e ± 0,03	22,71 ^f ± 0,03	5,83	32,74
70 °C + %0,5 SA	79,10 ^d ± 0,05	2,67 ^f ± 0,04	26,58 ^e ± 0,07	9,98	42,49
70 °C + %1 SA	82,44 ^a ± 0,18	2,85 ^f ± 0,07	26,45 ^e ± 0,13	11,04	40,37
70 °C + %50 US	74,58 ^b ± 0,03	2,17 ^f ± 0,06	34,85 ^a ± 0,15	17,41	62,93
70 °C + %100 US	78,79 ^d ± 0,17	4,55 ^c ± 0,04	34,64 ^a ± 0,11	17,87	60,51

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin renk değişimleri Tablo 3.34'te verilmiştir. Kurutulmuş karpuz meyvelerinin L*, a* ve b* değerleri önemli ölçüde değişiklik göstermiştir (p<0,05). Örneklerde L* değerinin değişimi belirli bir trend göstermemiş olup, en yüksek azalma %100 ET ön işlemi uygulanmış örneklerde tespit edilirken, en yüksek artış ise %1 SA çözeltisine daldırılan örneklerde belirlenmiştir (p<0,05). Daha önceden de belirtildiği gibi karpuz meyvesinde baskın renk pigmenti likopen olsa da β-karoten ve klorofil de rengi etkileyen önemli unsurlardandır. Bununla beraber karpuz, enzimatik esmerleşmeye neden olabilecek flavonoidleri içermektedir. Bu sebeple ön işlem uygulanmamış örneklerde enzimatik esmerleşme ve buna ek olarak klorofil dönüşümü sonucu oluşan feofitin ve feoforbiter L* değerinin azalmasına neden olmuştur. L* değerinin aksine, a* ve b* değerleri artış eğilimi göstermiştir (p<0,05). a* eğerinde en yüksek artış 60 ve 70 °C'de sıcak suya daldırma işlemi uygulanan örneklerde tespit edilmiştir (p<0,05). Uygulanan sıcak suya daldırma işlemi klorofil yapısındaki magnezyumun ortamdaki hidrojen ile yer değiştirmesine neden olarak feofitin ve feoforbit oluşumuna sebep olmaktadır (Huang ve diğ. 2022). Böylece sıcak suya daldırma işlemi ile L* değeri azalmış, buna bağlı olarak daha yoğun bir renk gözlenmiş, böylelikle a* değerinde artış meydana gelmiştir. b* değerinde ise en yüksek artış 60 °C'de sıcak suya daldırma işlemi uygulanan örneklerde belirlenmiştir. Yine b* değerindeki artış klorofil azalması ile sarı renkli pigmentlerin renklendirme etkisinin artması ile ilişkilidir. ΔE değerinde ise en fazla değişim 60 °C'de sıcak suya

daldırılan örneklerde hesaplanmıştır. Bununla beraber ΔE değerinde en az değişim %50 ET çözeltisine daldırılan örneklerde tespit edilmiştir. Buradan kurutma sonunda orijinal renge en yakın olan örneklerin %50 ET çözeltisine daldırılan örnekler olduğu sonucu çıkmaktadır.

Tablo 3.34: Farklı ön işlemler uygulanarak kurutulan karpuz meyvesinin renk değişimleri

Kurutma Yöntemi	L*	a*	b*	ΔE	EI
Taze	45,27 ^e ± 0,03	30,99 ^c ± 0,04	15,32 ^b ± 0,02	0,00	87,33
70°C	44,12 ^b ± 0,06	31,23 ^{ad} ± 0,22	19,77 ^a ± 0,08	4,60	106,62
70 °C + %50 ET	43,94 ^b ± 0,72	33,03 ^b ± 0,68	17,05 ^c ± 0,54	2,99	99,13
70 °C + %100 ET	38,95 ^c ± 0,01	33,14 ^b ± 0,03	16,34 ^c ± 0,06	6,75	110,04
70 °C+ 60 °C BL	43,83 ^b ± 0,13	36,26 ^a ± 0,83	20,09 ^{ad} ± 0,99	7,25	115,4
70 °C+ 70 °C BL	41,56 ^d ± 0,80	35,29 ^a ± 0,47	18,94 ^d ± 0,42	6,73	116,17
70 °C + %0,5 SA	46,53 ^a ± 0,46	30,26 ^a ± 0,76	18,20 ^e ± 0,04	3,23	93,57
70 °C + %1 SA	47,45 ^a ± 0,48	32,13 ^{bd} ± 0,93	17,61 ^c ± 0,66	3,36	91,98
70 °C + %50 US	43,79 ^b ± 0,75	32,59 ^b ± 0,48	18,69 ^e ± 0,17	4,01	105,13
70 °C + %100 US	43,01 ^b ± 0,35	33,08 ^b ± 0,70	18,39 ^{cde} ± 0,49	4,35	106,71

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.3.5 Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Rehidrasyon ve Büzüşme Oranları

Tablo 3.35 ve Tablo 3.36’da farklı kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinin rehidrasyon ve büzüşme oranları verilmiştir. Tablo 3.35 ve Tablo 3.36’den da görüleceği gibi büzüşme oranı ön işlem uygulanmış örneklerde uygulanmamış örneklere göre daha düşük tespit edilmiştir. Ancak kavun meyvelerinde genel olarak ön işlemler arasında istatistiksel olarak fark gözlenmezken (p>0,05), karpuz meyvelerinde en düşük büzüşme oranı 70 °C’de sıcak suya daldırılan ve %100 US ön işlemine tabi tutulan örneklerde tespit edilmiştir (p<0,05). Kaveh ve diğ. (2020) ultrases ve sıcak suya daldırma ön işlemi uygulandıktan sonra kurutulan böğürtlenlerin büzüşme oranının azaldığını, bunun sebebinin ise ürünün iç kesimlerinden yüzeye ön işlem uygulanmamış örneklere kıyasla daha hızlı bir nem transferi gerçekleşmesiyle

açıklamışlardır. Diğer yandan Santos ve diğ. (2021) etanol ön işleminin kurutma sonrası havuç dilimlerinin büzüşme oranında önemli bir değişime sebep olmadığını bildirmiştir. Benzer şekilde ön işlem uygulanmış ürünlerin rehidrasyon oranında istatistiksel olarak anlamlı bir artış gözlenmiştir ($p<0,05$). Sitrik asit ve sıcak suya daldırma ön işlemleri sonrasında kurutulan brokoli, karnabahar, ayva, brokoli, şeftali ve kivi ürünlerinin rehidrasyon kapasitesini artırdığı sırasıyla Doymaz (2014), Sahin ve Doymaz (2017), Doymaz ve diğ. (2015), Doymaz ve Sahin (2016), Doymaz ve Bilici (2014), and Doymaz (2020) tarafından bildirilmiştir. Sitrik asit ve sıcak suya daldırma ön işleminin rehidrasyon yeteneği üzerindeki etkisi, daha fazla hücre geçirgenliği ve parçalayıcı enzimlerin inaktivasyonu ile açıklanabilir. Etanol ön işleminin rehidrasyon kapasitesinde sebep olduğu artış ise hücre içine osmoz yoluyla etanol girişi olması, bunun da büzüşmeye direnç sağlaması ile ilişkilendirilmektedir (Zhou ve diğ. 2021). Carvalho ve diğ. (2020) etanol ön işlemi uygulandıktan sonra kurutulan balkabağı dilimlerinin rehidrasyon kapasitesinin arttığını gözlemlemiştir. Buna ek olarak, rehidrasyon sıcaklığı arttığında rehidrasyon oranında da bir artış belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Wang ve diğ. (2019), Tao ve diğ. (2019) ve Wu ve diğ. (2019) ultrases uygulamasının por, mikro kanal, daha geniş tünel ve boşluk oluşumu gibi yapısal modifikasyonlar ile rehidrasyon kapasitesini artırdığını bildirmektedir. Abbaspour-Gilandeh ve diğ. (2021) ultrases ön işlemi ardından kurutulan menengiçlerin rehidrasyon kapasitesinin ön işlem uygulanmayanlara kıyasla daha yüksek olduğunu tespit etmiştir. Ayrıca rehidrasyon suyunun sıcaklığının artışı ürünlerin rehidrasyon kapasitesini artırmıştır ($p<0,05$). Benzer sonuçlar Şahin ve Doymaz (2017) ve Doymaz ve diğ. (2015) tarafından kurutulmuş karnabahar ve ayva dilimlerinde tespit edilmiştir. Tepe ve Kadakal (2022) yüksek rehidrasyon sıcaklıklarının mikro kanallar ve kapiler kanallarda genişleme ve doku gevşemesi gibi rehidrasyonu artırıcı yapısal değişikliklere sebep olduğunu bildirmişleridir.

Tablo 3.35: Farklı ön işlemler uygulanarak kurutulmuş kavun meyvesinin rehidrasyon ve büzüşme oranları

Kurutma Yöntemi	BO (%)	RO (40 °C)	RO (50 °C)
70°C	82,63 ^a ± 0,43	5,34 ^d ± 0,05	5,57 ^c ± 0,05
70 °C + %50 ET	80,61 ^b ± 0,37	5,66 ^b ± 0,03	5,98 ^b ± 0,03
70 °C + %100 ET	80,26 ^b ± 0,40	5,78 ^c ± 0,03	6,09 ^a ± 0,02
70 °C+ 60 °C BL	80,47 ^b ± 0,21	5,70 ^c ± 0,05	6,00 ^{ab} ± 0,08
70 °C+ 70 °C BL	80,23 ^b ± 0,11	5,83 ^a ± 0,04	6,12 ^{ad} ± 0,05
70 °C + %0,5 SA	80,48 ^b ± 0,26	5,73 ^c ± 0,04	6,06 ^a ± 0,02
70 °C + %1 SA	80,05 ^b ± 0,19	5,85 ^a ± 0,03	6,18 ^d ± 0,06
70 °C + %50 US	80,38 ^b ± 0,15	5,75 ^c ± 0,02	6,07 ^a ± 0,02
70 °C + %100 US	80,27 ^b ± 0,12	5,76 ^c ± 0,02	6,12 ^a ± 0,04

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

*BO: Büzüşme Oranı, RO: Rehidrasyon Oranı

Tablo 3.36: Farklı ön işlemler uygulanarak kurutulmuş karpuz meyvesinin rehidrasyon ve büzüşme oranları

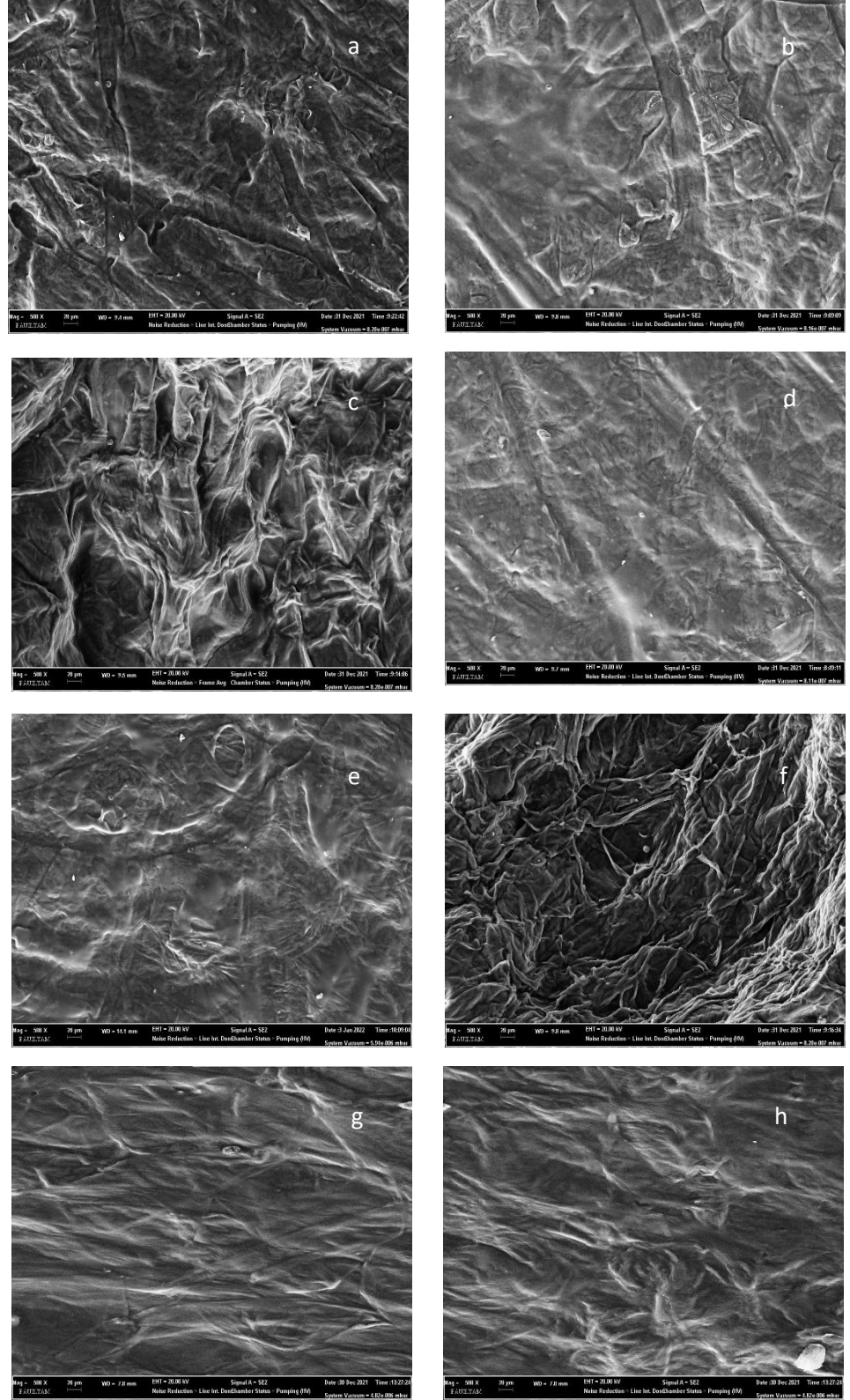
Kurutma Yöntemi	BO (%)	RO (40 °C)	RO (50 °C)
70°C	89,78 ^a ± 0,13	4,62 ^b ± 0,10	4,79 ^c ± 0,07
70 °C + %50 ET	83,61 ^{bd} ± 0,25	5,36 ^a ± 0,12	5,55 ^b ± 0,08
70 °C + %100 ET	83,20 ^b ± 0,40	5,37 ^a ± 0,06	5,58 ^b ± 0,06
70 °C+ 60 °C BL	83,68 ^{bd} ± 0,39	5,35 ^a ± 0,07	5,55 ^b ± 0,10
70 °C+ 70 °C BL	82,24 ^c ± 0,42	5,43 ^a ± 0,07	5,64 ^{ab} ± 0,11
70 °C + %0,5 SA	84,05 ^d ± 0,38	5,34 ^a ± 0,11	5,55 ^b ± 0,05
70 °C + %1 SA	83,98 ^d ± 0,26	5,31 ^a ± 0,07	5,53 ^b ± 0,14
70 °C + %50 US	82,91 ^b ± 0,30	5,40 ^a ± 0,12	5,61 ^b ± 0,04
70 °C + %100 US	81,92 ^c ± 0,30	5,51 ^a ± 0,12	5,73 ^a ± 0,05

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

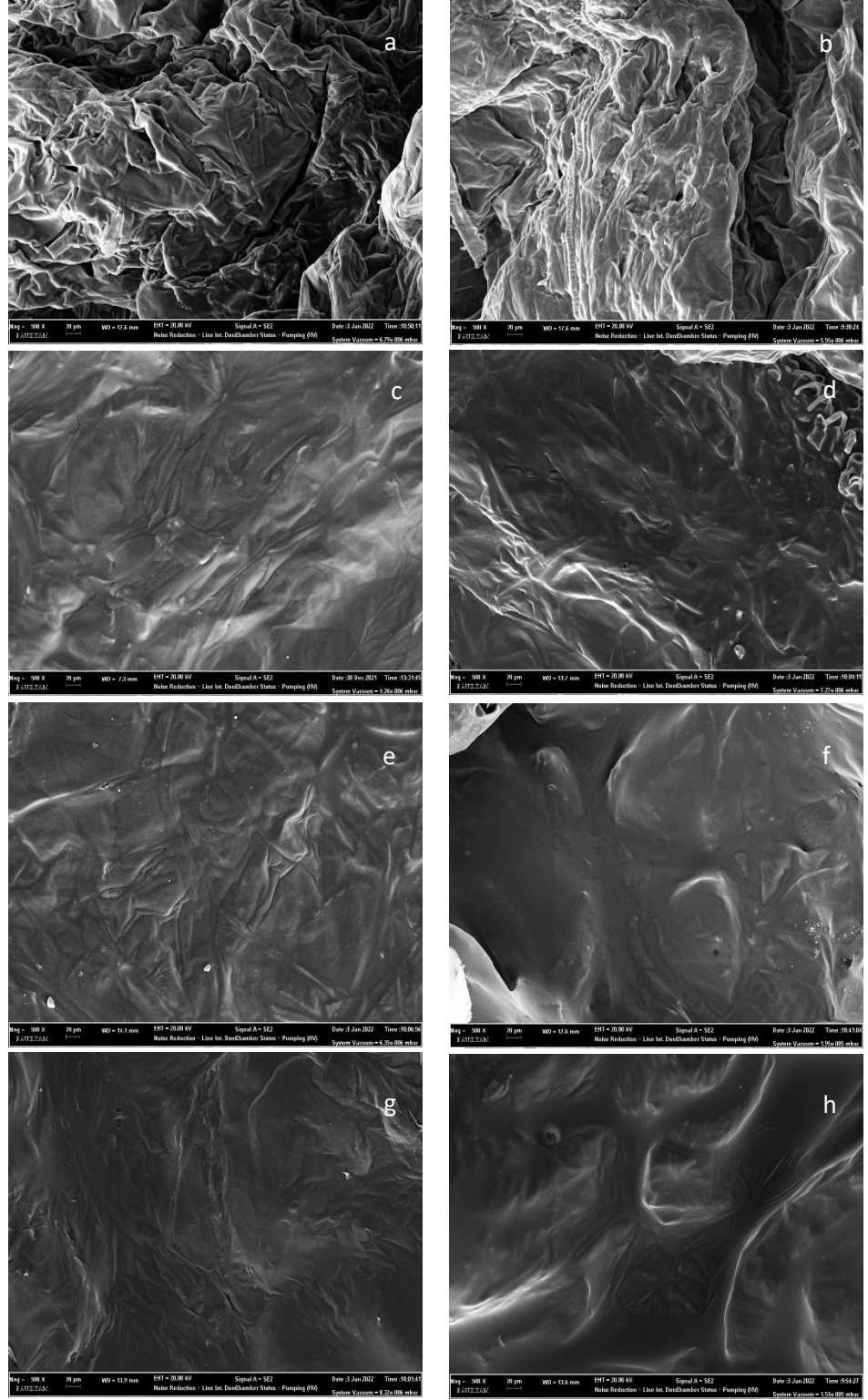
*BO: Büzüşme Oranı, RO: Rehidrasyon Oranı

3.3.6 Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvesinin Doku Değişimleri

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerine ait SEM görüntüleri Şekil 3.15 ve Şekil 3.16'da verilmiştir. Görüntülerden görüldüğü üzere uygulanan ön işlemlerin kavun ve karpuz meyvelerinin dokularında değişime sebep olduğu görülmektedir. Ön işlemlerin örneklerin dokularında hücresel bütünlükte meydana gelen kayba bağlı olarak yassılaşıma meydana geldiği tespit edilmiştir. Nitekim etanol ön işleminin hücre duvarı bileşenlerini çözerek hücreleri sıkılaştırdığı (Lvata ve diğ. 2020), sıcak suya daldırmanın selülozu ve hücre zarını parçaladığı (Cieurzyńska ve diğ. 2021), sitrik asite daldırma işleminin hücre duvarında bulunan pektini jelleştirdiği ve duvar bütünlüğünün bozulduğu (Liu ve diğ. 2021) ve ultrases uygulamasının hücre bozulmasına sebep olduğu (Basseyy ve diğ. 2021) ifade edilmiştir. Elde edilen görüntüler bu ifadeleri doğrular niteliktedir.



Şekil 3.15: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinin SEM görüntüleri a) %50 ET b) %100 ET c) 60 °C BL d) 70 °C BL e) %0,5 SA f) %1 SA g) %50 US h) %100 US



Şekil 3.16: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvelerinin SEM görüntüleri a) %50 ET b) %100 ET c) 60 °C BL d) 70 °C BL e) %0,5 SA f) %1 SA g) %50 US h) %100 US

3.4 Kavun ve Karpuz Meyvelerinin Bileşiminde Kurutmaya Bağlı Meydana Gelen Değişimler

3.4.1 Farklı Kurutma Yöntemleri ile Kurutulan Kavun ve Karpuz Meyvelerinin Bileşiminde Meydana Gelen Değişimler

3.4.1.1 Kavun ve Karpuz Meyvesinin Organik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde tespit edilen organik asit miktarları Tablo 3.37 ve Tablo 3.38’de verilmiştir. Tablo 3.37’den de görüldüğü gibi taze kavunların sitrik asit, malik asit ve tartarik asit içeriği sırasıyla $169,05 \pm 5,93$, $61,02 \pm 2,36$ ve $12,51 \pm 1,07$ mg 100 g⁻¹ KM olarak tespit edilmiştir. Kolaylı ve diğ. (2010) Çini Kızı çeşidi kavunların sitrik asit içeriğini 3,04 g L⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Mendi ve diğ. (2010) ise Kırkağaç 637 çeşidi kavunlarda sitrik asit miktarını 120,9 mg 100 g⁻¹ olarak bulmuşlardır. Albuquerque ve diğ. (2006) tarafından Branco çeşidi kavunların sitrik asit ve malik asit içerikleri 2,19 ve 1,41 mg g⁻¹ olarak belirlenmiştir. Elde edilen veriler ile literatür arasında yapılan kıyaslama neticesinde muhtemel çeşit ve yetiştirme koşulu kaynaklı farklılıklar tespit edilmiştir. Kurutma işlemleri sonucunda kavun meyvelerinin organik asit içeriğinin değiştiği ancak bu değişimlerin istatistiksel olarak anlamlı olmadığı belirlenmiştir (p>0,05).

Karpuz meyvelerinde sitrik asit, malik asit ve tartarik asit miktarı sırasıyla $146,76 \pm 3,76$, $103,06 \pm 1,31$ ve $67,18 \pm 4,66$ mg 100 g⁻¹ KM olarak belirlenmiştir. Gölükçü ve Tokgöz (2018) Crimson Tide (Segment Crimson Sweet) çeşidi karpuzların sitrik asit, malik asit ve tartarik asit içeriğini 176,69; 138,69 ve 82,13 mg kg⁻¹ olarak bildirmiştir. Kurutma işlemlerine bağlı olarak karpuz meyvelerinin organik asit içeriğinde istatistiksel olarak bir değişim meydana gelmemiştir. Literatürde kavun ve karpuz meyvesinin kurutulması süresince organik asitlerde meydana gelen değişimler ile ilgili bir çalışma bulunamamıştır. Bu yüzden literatürdeki başka çalışmalar ile kıyaslama yapılmaya çalışılmıştır. Gao ve diğ. (2012) sıcak hava yöntemi ile hünnap meyvelerinde sitrik asit ve malik asit miktarının istatistiksel olarak değişmediğini,

ancak mikrodalga ile kurutulan örneklerde sitrik asit miktarının azaldığını bildirmiştir. Çalışmamıza kıyasla sonuçlar benzerlik gösterirken mikrodalga ile kurutmada farklılık görülmüştür. Bunun sebebinin ise Gao ve diğ. (2012) nin çalışmasına nazaran bu çalışmada çok daha düşük mikrodalga gücü kullanılması ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Li ve diğ. (2015) ise taze kral mantarı ile sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş örneklerin malik asit miktarlarının istatistiksel olarak farklı olmadığını bildirmiştir. Ayrıca mikrodalga ile kurutulan örneklerde malik asit miktarının azaldığına dikkat çekilmiştir. Ancak çalışmada 648 W gibi yüksek bir mikrodalga gücü kullanıldığı için bu çalışma ile farklı bir sonuç elde edilmiş olabilmektedir. Igual ve diğ. (2012) ise sıcak hava yöntemi ile kurutmanın kayıpların sitrik asit miktarı üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığını bildirmiştir.

Tablo 3.37: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin organik asit içeriği

	Sitrik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Malik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Tartarik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
Taze Kavun	169,05 ^a ± 5,93	61,02 ^a ± 2,36	12,51 ^a ± 1,07
Kurutma Yöntemi	Sitrik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Malik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Tartarik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	170,24 ^a ± 4,59	63,37 ^a ± 1,23	12,47 ^a ± 0,89
70 °C	166,95 ^a ± 6,87	61,39 ^a ± 1,83	12,85 ^a ± 1,09
80 °C	169,30 ^a ± 5,71	60,29 ^a ± 2,58	12,17 ^a ± 0,86
60 °C + 100 W	161,17 ^a ± 4,83	61,44 ^a ± 1,70	12,00 ^a ± 0,96
60 °C + 200 W	164,00 ^a ± 3,23	61,51 ^a ± 2,21	12,28 ^a ± 1,14
70 °C + 100 W	169,55 ^a ± 4,90	60,15 ^a ± 2,17	12,29 ^a ± 0,91
70 °C + 200 W	165,71 ^a ± 3,10	61,71 ^a ± 1,71	11,95 ^a ± 0,71
80 °C + 100 W	164,36 ^a ± 3,68	61,97 ^a ± 2,22	12,97 ^a ± 0,99
80 °C + 200 W	166,74 ^a ± 3,30	61,46 ^a ± 2,12	11,94 ^a ± 0,66
60 °C (21,3 kPa)	169,70 ^a ± 3,64	60,36 ^a ± 1,93	12,51 ^a ± 0,64
70 °C (21,3 kPa)	164,56 ^a ± 4,26	60,39 ^a ± 3,04	12,72 ^a ± 0,49
80 °C (21,3 kPa)	169,66 ^a ± 3,46	61,53 ^a ± 2,83	12,94 ^a ± 0,61
100 W	164,84 ^a ± 5,56	60,54 ^a ± 1,92	12,13 ^a ± 0,42
200 W	165,76 ^a ± 4,74	60,22 ^a ± 2,29	12,08 ^a ± 0,55
300 W	164,42 ^a ± 5,46	63,23 ^a ± 3,56	12,66 ^a ± 0,72

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.38: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin organik asit içeriği

	Sitrik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Malik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Tartarik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	146,76 ^a ± 3,76	103,06 ^a ± 1,31	67,18 ^a ± 4,66
Kurutma Yöntemi	Sitrik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Malik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Tartarik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	148,94 ^a ± 3,22	101,59 ^a ± 2,60	64,77 ^a ± 1,15
70 °C	146,91 ^a ± 3,76	101,38 ^a ± 2,49	65,71 ^a ± 2,81
80 °C	148,54 ^a ± 4,04	102,58 ^a ± 1,88	64,99 ^a ± 2,03
60 °C + 100 W	147,23 ^a ± 2,88	103,93 ^a ± 1,99	67,44 ^a ± 3,15
60 °C + 200 W	147,40 ^a ± 5,84	104,46 ^a ± 0,83	67,79 ^a ± 1,45
70 °C + 100 W	147,19 ^a ± 7,05	102,94 ^a ± 1,54	65,18 ^a ± 2,06
70 °C + 200 W	150,90 ^a ± 4,18	104,36 ^a ± 4,51	69,03 ^a ± 3,77
80 °C + 100 W	149,84 ^a ± 6,08	102,23 ^a ± 3,07	65,94 ^a ± 1,67
80 °C + 200 W	151,72 ^a ± 4,63	104,99 ^a ± 1,36	66,85 ^a ± 2,13
60 °C (21,3 kPa)	152,23 ^a ± 7,56	101,05 ^a ± 3,07	66,94 ^a ± 1,68
70 °C (21,3 kPa)	153,41 ^a ± 6,06	103,33 ^a ± 2,82	69,76 ^a ± 2,69
80 °C (21,3 kPa)	152,39 ^a ± 4,52	104,36 ^a ± 1,96	69,74 ^a ± 3,01
100 W	150,79 ^a ± 2,04	105,47 ^a ± 4,66	70,00 ^a ± 3,40
200 W	154,45 ^a ± 3,51	104,31 ^a ± 1,30	66,72 ^a ± 1,79
300 W	150,02 ^a ± 5,44	103,15 ^a ± 2,00	66,91 ^a ± 2,01

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.1.2 Kavun ve Karpuz Meyvesinin Askorbik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Askorbik asit ısı hassasiyeti nedeniyle kalite kaybını belirlemede ana göstergelerden birisi olarak kabul edilmektedir. Genel olarak uygulanan işlem sonrası askorbik asit kaybı az gerçekleşmesi diğer besleyici unsurların da kaybının az olduğunu göstermektedir (Wang ve diğ. 2019, Tepe ve diğ. 2022). Askorbik asit kanser, kalp-damar hastalıkları ve skorbüt gibi hastalıkları önleyebilen güçlü bir antioksidandır (Munyaka ve diğ. 2010, Valente ve diğ. 2011, Kurowaza ve diğ. 2014). Askorbik asit parçalanması sıcaklık, oksijen, pH, ışık, metal katalizörleri ve enzim gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Kurowaza ve diğ. 2014). Peleg ve diğ. (2018) askorbik asit parçalanması için aerobik ve anaerobik yol olmak üzere iki adet yol olduğunu bildirmektedir. Aerobik yolun oksijen ile ilişkili olduğu, anaerobik yolun ise çoğunlukla sıcaklık ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Athmaselvi ve diğ. 2016).

Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde tespit edilen askorbik asit miktarları Tablo 3.39 ve Tablo 3.40'ta verilmiştir. Taze kavunlarda askorbik asit 114,16 mg 100 g⁻¹ KM olarak tespit edilirken, taze karpuzlarda 159,95 mg 100 g⁻¹ KM olarak belirlenmiştir. da Cunha ve diğ. (2020), Kolaylı ve diğ. (2010) ve Mendi ve diğ. (2010) kantalo, Çini kızı ve Kırkağaç 637 çeşidi kavunların askorbik asit içeriğini sırasıyla 197,85 mg 100 g⁻¹ KM, 22,47 mg 100 g⁻¹ (yaş bazda) ve 5,7 mg 100 g⁻¹ (yaş bazda) olarak bildirmiştir. Tlili ve diğ. (2010) Crimson Sweet çeşidi karpuzlarda yaş bazda yaklaşık 200 mg kg⁻¹ askorbik asit bulunduğunu bildirmişlerdir. Bunun yanı sıra Egbuonu (2015), Tlili ve diğ. (2011^a) ve Akyıldız ve diğ. (2017) çalışmalarında kullandıkları karpuz meyvelerinin askorbik asit içeriklerini sırasıyla 7,23 mg 100 g⁻¹ (yaş bazda), 152,7 mg kg⁻¹ (yaş bazda) ve 32,60 mg kg⁻¹ (yaş bazda) olarak tespit etmişlerdir. Yapılan karşılaştırmalardan da anlaşıldığı gibi kavun ve karpuz meyvesinin askorbik asit içeriği önemli ölçüde değişiklik göstermektedir.

Kurutma işlemlerine bağlı olarak kavun ve karpuz meyvelerinin askorbik asit içeriğinin önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir (p<0,05). Ayrıca azalmaların uygulanan işlemin şiddetine bağlı olarak değiştiği belirlenmiştir. Kavun ve karpuz meyvelerinde sıcaklık ve mikrodalga güçlerinde artışa bağlı olarak askorbik asit içeriğinde meydana gelen azalmalarda artış tespit edilmiştir (p<0,05). Ancak vakum kurutma yönteminde sıcaklık artışı ile kavun meyvelerinde askorbik asit içeriğinin daha yüksek düzeyde korunduğu belirlenmiştir (p<0,05). Bunun aksine karpuz meyvelerinde ise kurutma sonrası en yüksek askorbik asit içeriği 60 °C sıcak hava yönteminde tespit edilmiştir (p<0,05). Kavun meyvelerinde en yüksek kaybın 300 W gücünde mikrodalga ile kurutulan örneklerde gerçekleştiği gözlenirken, karpuz meyvelerinde en düşük askorbik asit konsantrasyonu 80 °C + 200 W sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan örneklerde tespit edilmiştir. (p<0,05). Farklı kurutma işlemlerinin kavun ve karpuz meyvelerinin askorbik asit içeriği üzerine etkileri ile alakalı kısıtlı sayıda çalışma bulunmuştur. da Cunha ve diğ. (2020) sıcak hava yöntemi ile kurutulan kantalo kavunlarının askorbik asit içeriğinde azalma meydana geldiğini bildirmişlerdir. Akyıldız ve diğ. (2017) ise 70 °C'de sıcak hava yöntemi ile kurutulan karpuz meyvesinin askorbik asit miktarında önemli ölçüde kayıp meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Bunlara ek olarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kivi (Tepe ve diğ. 2022), hünnap (Tepe ve Ekinci 2021), vişne (Horuz ve diğ. 2017^a) ve guava (Ali ve diğ. 2016) gibi meyvelerde de kurutma işlemine bağlı

olarak askorbik asit içeriğinin azaldığı belirtilmiştir. Diğer bir yandan bu çalışmayla benzer şekilde sıcaklık artışının askorbik asit kaybını artırdığı kivi (Tepe ve diğ. 2022), papaya (Kurozawa ve diğ. 2014), armut (Mrad ve diğ. 2012) ve domates (Demiray ve diğ. 2013) gibi meyvelerde gözlenmiştir. Vakum kurutma ve sıcak hava yönteminin karşılaştırıldığı iki çalışmada, bu çalışmanın sonuçlarının nispeten aksi yönünde sonuçlar elde edilmiştir. Akar ve Barutçu Mazı (2019) ve Orikasa ve diğ. (2014) vakum kurutma ile kurutulan kivi dilimlerinin askorbik asit içeriğinin sıcak hava yöntemi ile kurutmaya göre daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Aynı araştırmacılar bu durumu vakum kurutmada askorbik asidin oksidasyonunun azalması ile açıklamıştır. Ancak bu çalışmada sıcak hava ve vakum kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinin kuruma süresi arasında çok ciddi fark bulunmuş olup, vakum kurutucuda çok uzun sürede kuruma gerçekleşmiştir. Bu süre farkı da düşünüldüğünde kavun ve karpuz meyvelerinde bulunan askorbik asit çok daha uzun süre ısıl işleme maruz kalmıştır. Ayrıca, Dadalı ve Özbek (2009) kurutma işleminde mikrodalga gücünün artışının bamya ve ıspanağın askorbik asit içeriğinde gerçekleşen kaybı artırdığını bildirmiştir. Başka bir çalışmada da domateslerin askorbik asit içeriğinin mikrodalga gücünde meydana gelen artış ile daha fazla kayba uğradığı bildirilmektedir (Horuz ve diğ. 2017^b). Bunlara ek olarak sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan örneklerde sadece sıcak hava ve mikrodalga yöntemine kıyasla daha fazla kayıp gözlenmiştir ($p<0,05$). Zia ve Alibaş (2021) benzer şekilde sıcak hava ve mikrodalga yöntemleri ile kurutulan kuşburnu meyvelerinin askorbik asit içeriğinin sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemine kıyasla daha yüksek tespit etmişlerdir.

Tablo 3.39: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin askorbik içeriği

Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	
Taze Kavun	114,16 ^a ± 3,45
Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	
Kurutma Yöntemi	Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	52,46 ^b ± 1,82
70 °C	40,81 ^c ± 2,31
80 °C	29,97 ^d ± 3,46
60 °C + 100 W	28,05 ^d ± 2,46
60 °C + 200 W	20,04 ^e ± 1,36
70 °C + 100 W	25,58 ^d ± 4,07
70 °C + 200 W	18,54 ^{ef} ± 1,68
80 °C + 100 W	25,64 ^d ± 2,07
80 °C + 200 W	16,22 ^{efk} ± 1,71
60 °C (21,3 kPa)	14,72 ^{fk} ± 3,64
70 °C (21,3 kPa)	37,55 ^{ej} ± 2,58
80 °C (21,3 kPa)	35,49 ^j ± 2,23
100 W	35,48 ^j ± 1,95
200 W	25,22 ^d ± 0,91
300 W	12,71 ^k ± 1,26

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.40: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin askorbik asit içeriği

Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	
Taze Karpuz	159,95 ^a ± 7,85
Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	
Kurutma Yöntemi	Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	52,76 ^b ± 2,55
70 °C	28,28 ^{ch} ± 3,26
80 °C	22,55 ^{cd} ± 2,64
60 °C + 100 W	49,31 ^{be} ± 3,85
60 °C + 200 W	47,69 ^{bef} ± 3,49
70 °C + 100 W	19,43 ^{dg} ± 3,46
70 °C + 200 W	34,93 ^h ± 3,67
80 °C + 100 W	14,60 ^{gi} ± 3,74
80 °C + 200 W	9,48 ⁱ ± 2,81
60 °C (21,3 kPa)	28,98 ^{ch} ± 3,95
70 °C (21,3 kPa)	24,71 ^{cd} ± 3,11
80 °C (21,3 kPa)	19,24 ^{dg} ± 3,48
100 W	45,65 ^{ef} ± 4,06
200 W	44,18 ^{ef} ± 5,04
300 W	41,83 ^f ± 3,02

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.1.3 Kavun ve Karpuz Meyvesinin Glikoz ve Fruktoz İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Şekerler gıdalarda tat, aroma, renk ve tekstür gibi özelliklere etki etmekle beraber raf ömrüne de etki eden bileşenlerdir. Fizyolojik açıdan ise temel enerji kaynağı olması ve kan dolaşımında önemli etkilere sahip olduğu bilinmektedir. Ancak çok miktarda tüketildiğinde obezite, diyabet, kardiyovasküler rahatsızlıklar gibi kronik hastalıklara sebep olabilmektedir (Clemens ve diğ. 2016). Kavun ve karpuz meyvelerinde baskın basit şekerlerin (monosakkaritlerin) glikoz ve fruktoz olduğu bildirilmektedir (Kolaylı ve diğ. 2010; Yoo ve diğ. 2012). Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği Tablo 3.41 ve Tablo 3.42’de verilmiştir. Taze kavun meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği sırasıyla $19,50 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ KM}$ ve $19,23 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ KM}$ olarak tespit edilmiştir. Kolaylı ve diğ. (2010) Çini Kızı çeşidi kavunların glikoz ve fruktoz içeriğini $20,14 \text{ g L}^{-1}$ ve $10,59 \text{ g L}^{-1}$ (yaş bazda) olarak belirlemişlerdir. Mendi ve diğ. (2010) ise Kırkağaç 637 çeşidi kavunlarda glikoz ve fruktoz miktarının sırasıyla $15,44 \text{ mg g}^{-1}$ ve $15,63 \text{ mg g}^{-1}$ olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir. Branco çeşidi kavunlarda ise glikoz ve fruktoz miktarının yaş bazda $12,9 \text{ mg g}^{-1}$ ve $20,9 \text{ mg g}^{-1}$ belirlendiği Albuquerque ve diğ. (2006) tarafından bildirilmektedir. Kavun meyvesinin glikoz ve fruktoz içeriğinin çeşide göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Taze karpuz meyvelerinde ise glikoz ve fruktoz miktarı sırasıyla $20,76 \pm 0,01 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ KM}$ ve $21,64 \pm 0,11 \text{ g } 100 \text{ g}^{-1} \text{ KM}$ olarak belirlenmiştir. Gölükcü ve Tokgöz (2018) Crimson Tide (Segment Crimson Sweet) çeşidi karpuzlarda glikoz ve fruktoz miktarının sırasıyla %2,46 ve %3,87 tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Crimson Tide çeşidi karpuzlarda glikoz ve fruktoz değerinin %2,45 ve %3,45 olarak belirlendiği Chandır ve diğ. (2013) tarafından bildirilmektedir.

Kurutma işlemlerine bağlı olarak kavun ve karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriğinde azalmaların meydana geldiği belirlenmiştir ($p < 0,05$). Literatürde kurutma işleminin kavun ve karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği üzerine etkisine ilişkin çalışmalara rastlanamamıştır. Bu nedenle kıyaslama başka meyve veya sebzeler üzerinden yapılmıştır. Scher ve diğ. (2009) sıcak hava yöntemi ile kurutulan yacon sebzelerinin glikoz ve fruktoz içeriğinin taze yacon sebzelerine kıyasla azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada sıcaklık artışının istatistiksel bir

önemi olmadığı ifade edilmiştir. Benzer şekilde Gao ve diğ. (2012) sıcak hava yöntemi ile kurutulan hünnap meyvelerinde glikoz miktarının azaldığını bildirmişlerdir. Kayacan ve diğ. (2020) sıcak hava ile kuruttukları cennet elması dilimlerinin glikoz ve fruktoz içeriğinin kurutma sonucunda azaldığını rapor etmişlerdir. Li ve diğ. (2015) sıcak hava, mikrodalga ve vakum yöntemi ile kurutulan kral mantarlarının glikoz ve fruktoz içeriğinin taze kral mantarlarından daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Barba ve diğ. (2014) ise sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan muz dilimlerinin indirgen şeker içeriğinde azalmaya neden olduğunu bildirmişlerdir. Kurutma işlemlerine bağlı olarak glikoz ve fruktoz içeriğinde meydana gelen azalmaların ısı işlem neticesinde meydana gelen Maillard reaksiyonu ile ilişkili olduğu ifade edilmektedir (Barba ve diğ. 2014; Kayacan ve diğ. 2020). Tez çalışmasında elde edilen bulgular literatür çalışmaları ile bağdaşmaktadır.

Tablo 3.41: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği

	Glikoz (g 100 g ⁻¹ KM)	Fruktoz (g 100 g ⁻¹ KM)
Taze Kavun	19,50 ^a ± 0,01	19,23 ^a ± 0,01
Kurutma Yöntemi	Glikoz (g 100 g ⁻¹ KM)	Fruktoz (g 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	3,19 ^b ± 0,06	5,88 ^b ± 0,01
70 °C	6,14 ^c ± 0,01	7,14 ^c ± 0,04
80 °C	7,93 ^d ± 0,09	7,26 ^c ± 0,01
60 °C + 100 W	9,35 ^e ± 0,15	9,23 ^d ± 0,10
60 °C + 200 W	6,88 ^{cf} ± 0,68	8,53 ^e ± 0,91
70 °C + 100 W	6,72 ^f ± 0,16	5,66 ^b ± 0,08
70 °C + 200 W	5,19 ^e ± 0,14	5,93 ^b ± 0,16
80 °C + 100 W	7,04 ^f ± 0,19	7,36 ^e ± 0,21
80 °C + 200 W	5,09 ^e ± 0,06	4,65 ^h ± 0,02
60 °C (21,3 kPa)	7,15 ^f ± 0,25	6,94 ^g ± 0,10
70 °C (21,3 kPa)	6,47 ^c ± 0,33	6,50 ^l ± 0,26
80 °C (21,3 kPa)	5,00 ^e ± 0,28	6,51 ^l ± 0,26
100 W	4,39 ^c ± 0,11	4,84 ^{ch} ± 0,05
200 W	5,29 ^e ± 0,12	5,68 ^{bf} ± 0,12
300 W	5,19 ^e ± 0,09	5,83 ^b ± 0,29

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.42: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği

	Glikoz (g 100 g ⁻¹ KM)	Fruktoz (g 100 g ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	20,76 ^a ± 0,02	21,64 ^a ± 0,11
Kurutma Yöntemi	Glikoz (g 100 g ⁻¹ KM)	Fruktoz (g 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	7,64 ^b ± 0,29	9,57 ^b ± 0,03
70 °C	7,77 ^b ± 0,12	10,19 ^{cd} ± 0,11
80 °C	7,82 ^b ± 0,06	9,28 ^b ± 0,29
60 °C + 100 W	6,86 ^c ± 0,26	12,78 ^{ef} ± 0,25
60 °C + 200 W	4,71 ^d ± 0,14	11,68 ^g ± 0,50
70 °C + 100 W	3,93 ^e ± 0,08	10,70 ^{dh} ± 0,37
70 °C + 200 W	3,52 ^f ± 0,06	7,55 ⁱ ± 0,28
80 °C + 100 W	7,55 ^b ± 0,34	15,63 ⁱ ± 0,60
80 °C + 200 W	5,62 ^g ± 0,05	10,97 ^h ± 0,15
60 °C (21,3 kPa)	6,98 ^c ± 0,11	12,58 ^e ± 0,24
70 °C (21,3 kPa)	6,84 ^c ± 0,24	13,16 ^f ± 0,26
80 °C (21,3 kPa)	5,51 ^g ± 0,04	9,71 ^{bc} ± 0,35
100 W	3,80 ^e ± 0,06	14,76 ^j ± 0,61
200 W	4,91 ^d ± 0,08	8,38 ^k ± 0,07
300 W	3,36 ^f ± 0,04	7,78 ⁱ ± 0,27

*Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.1.4 Kavun ve Karpuz Meyvesinin β-karoten ve Likopen İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Karotenoidler doğada yaygın bir şekilde bulunan ve bitkiler, algler ve siyanobakteriler gibi fotosentetik organizmalar tarafından üretilen 40 karbonlu iskelete sahip tetraterpenoidlerdir (Meléndez-Martínez ve diğ. 2022). Kromofor özelliklerinden dolayı genellikle meyve ve sebzelerde sarı, turuncu ve kırmızı renkten sorumlu renk pigmenti olarak bilinirler (Conesa ve diğ. 2019). Ayrıca hidrofobik özelliklerinden dolayı karotenoid pigmentleri organik çözümlerde ve yağda çözünürler (Butnariu 2016). Bu nedenle sindirim sisteminde emilimlerinin günlük diyetle alınan yağlar ile birlikte gerçekleştiği bildirilmiştir (Zakynthinos ve Varzakas 2016). Antioksidan özelliklerinden dolayı karotenoidler insan beslenmesi ve sağlığı açısından önemli bileşenlerdir (Zakynthinos ve Varzakas 2016). Kanser, dejeneratif ve kardiyovasküler hastalıklar, katarakt ve makuler dejenerasyon gibi hastalıkların önlenmesinde ve azaltılmasında önemli rol oynadıkları belirtilmektedir (Zakynthinos ve Varzakas 2016, Song ve diğ. 2017, Eggersdorfer ve Wyss 2018). Ayrıca bazı

karotenoidlerin vitamin öncüsü anlamına gelen provitamin özellikleri mevcuttur (Zakynthinos ve Varzakas 2016). β -iyonon halkası içeren ve A vitamini öncüsü olan β -karoten ve likopen önemli karotenoidler arasında yer almaktadır (Butnariu 2016). Karotenoidler ısı, ışık, oksijen ve asitlere karşı hassas olup (Song ve diğ. 2017) gıdaların işlenmesi sırasında önemli düzeyde azalabilmektedir. İnsan beslenmesi, sağlığı ve gıda kalitesi açısından önemli olan bu bileşenlerin gıdaların işlenmesi esnasında kayıplarının azaltılması önem arz etmektedir. Literatürde kavun ve karpuz meyvelerinin önemli β -karoten ve likopen kaynağı oldukları bildirilmektedir (Concurso ve diğ. 2012, Flesman ve diğ. 2011, Ren ve diğ. 2013, Tlili ve diğ. 2011^a, Tlili ve diğ. 2011^b)

Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinin β -karoten içeriği Tablo 3.43 ve Tablo 3.44’de verilmiştir. Taze kavun meyvelerinde β -karoten içeriği $4,16 \pm 0,24$ mg 100 g⁻¹ KM olarak tespit edilmiştir. Concurso ve diğ. (2012), Flesman ve diğ. (2011) ve Ren ve diğ. (2013) proteo, turuncu renkli honeydew ve soluk yeşil renkli honeydew kavunlarının β -karoten içeriğinin sırasıyla, $14,44$ mg kg⁻¹ (yaş bazda), $21,00$ μ g g⁻¹ (yaş bazda) ve $0,729$ μ g g⁻¹ (yaş bazda) olduğunu bildirmişlerdir. Çok çeşitli kavun türleri bulunmakta olup, çeşide bağlı olarak kavun meyvesinin β -karoten içeriğinin değişebileceği açıkça görülmektedir. Taze karpuz meyvelerinde ise β -karoten içeriği $14,40 \pm 1,21$ mg 100 g⁻¹ KM olarak tespit edilmiştir. Akyıldız ve diğ. (2017) sıcak hava yöntemi ile kurutma amacıyla temin ettikleri karpuzların β -karoten içeriğini $10,75$ mg kg⁻¹ (yaş bazda) olarak belirlemiştir. Tlili ve diğ. (2011^a) ise Crimson sweet çeşidi karpuzların $1,2$ mg kg⁻¹ (yaş bazda) β -karoten içerdiğini tespit etmiştir. Yoo ve diğ. (2012) de Dixie Lee çeşidi karpuzlarda $1,5$ μ g g⁻¹ (yaş bazda) β -karoten bulmuştur. Tablo 3.41 ve Tablo 3.42’den de görüldüğü gibi kurutma işlemleri her iki meyvede de önemli düzeyde β -karoten kaybına neden olmuştur ($p < 0,05$). Ayrıca hem sıcak hava yöntemi hem de vakum kurutma yönteminde sıcaklık azaldıkça kaybın arttığı gözlenmiştir ($p < 0,05$). Benzer şekilde Karabulut ve diğ. (2007) sıcak hava yöntemi (50, 60, 70 ve 80 °C) ile kuruttukları kayısılarda β -karoten kaybının sıcaklığın artışı ile azaldığını tespit etmişlerdir. Zhoor ve Khan (2019) da kurutma sıcaklığı arttıkça acı kavunların β -karoten ile ilişkili olarak A vitamini içeriğinin daha iyi korunduğunu tespit etmiştir. Suvarnakuta ve diğ. (2005) vakum kurutma yöntemi ile kurutulan havuçlarda β -karoten kaybının sıcaklık arttıkça azaldığını tespit etmişlerdir. Zhoor ve Khan (2019)

β -karoten kaybının oksijen maruziyetine ek olarak kuruma süresi ile de güçlü bir ilişkisi olduğunu ifade etmiştir. Bununla beraber sıcaklık artışı ile ekstrakte edilebilir β -karoten miktarının artışı nedeniyle sıcaklık arttıkça kaybın azaldığını belirtmişlerdir. Aguilo'-Aguayo ve diğ. (2010) lipoksijenaz enziminin karotenoidlerin ko-oksidasyonuna neden olduğunu ve böylece kayıplara sebebiyet verdiğini belirtmektedir. Buradan β -karoten kaybı üzerine lipoksijenaz aktivitesinin önemi açıkça görülmektedir. Cui ve diğ. (2004) bu durumu doğrular nitelikte kısa kuruma süresi ve yüksek kuruma hızının β -karoten içeriğinin enzimatik kaybından sorumlu olan lipoksijenaz enziminin aktivitesini azalttığını bildirmektedir. Ürünlerin yüksek sıcaklıkta yüksek kuruma hızı sayesinde oksijen çözünürlüğünün azalması (gazların sıcaklık ile çözünürlüğünün ters orantılı olması) ve kısa kuruma süresince oksijene maruziyetin azalması sıcaklık artışının olumlu etkisini açıklamaktadır. Ancak vakum kurutma yönteminde β -karoten kaybı kısmen daha fazla gözlenmiştir ($p<0,05$). Her ne kadar vakum kurutma ile ortamdan oksijen uzaklaştırılsa da vakum kurutma ile kurutulan meyvelerin kuruma süresinin daha uzun, böylece ısıl işleme maruziyet süresinin daha uzun olduğu görülmektedir. Vakum kurutmanın kısmen daha fazla kayba sebebiyet vermesi bu şekilde açıklanabilmektedir. Tez çalışmasında elde edilen sonuçlar bu ifadeler ile tutarlılık göstermektedir. Mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinde de β -karoten kaybı gerçekleştiği gözlenmiştir ($p<0,05$). Bunun yanı sıra mikrodalga gücünde meydana gelen artışın β -karoten kaybı üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ($p<0,05$). Ayrıca sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemleri sıcak hava ve mikrodalga yöntemlerine göre daha fazla kayba sebebiyet vermiştir. Song ve diğ. (2017) vakum-mikrodalga ile kurutulan balkabağı dilimlerinde β -karoten kaybının mikrodalga gücünün artışı ile artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada da düşük mikrodalga gücünde kurutulan (90 ve 160 W) kayısıların β -karoten içeriğinin mikrodalga gücü arttıkça azaldığı belirtilmiştir (İncedayı ve diğ. 2016). Béttega ve diğ. (2014) kurutmada kullanılan mikrodalga gücünün havuç dilimlerinde bulunan β -karoten içeriği üzerine önemli etkiye sahip olduğunu, güç arttıkça kaybın artış gösterdiğini belirlemişlerdir. Bu durumu ise mikrodalga ile ortaya çıkan yüksek sıcaklığın β -karoten oksidasyonunu hızlandırması ve böylece güç arttıkça oksidasyona bağlı kaybın artması ile ilişkilendirmişlerdir. Sıcak hava-mikrodalga kombine kurutma yönteminin β -karoten üzerine etkisi ile ilgili de çeşitli

çalışmalar bulunmaktadır. Zhao ve diğ. (2014) tarafından havuç dilimlerinin β -karoten içeriğinin sıcak hava yöntemine kıyasla sıcak hava-mikrodalga (Sıcak hava 60 °C- düşük mikrodalga 140 W) yöntemi ile kurutmada daha yüksek oranda kayba uğradığı bildirilmektedir. İncedayı ve diğ. (2016) ise düşük sıcaklık-düşük güç (50 °C + 90 W) uygulamasının 50 °C'de kurutulan kayıslara kıyasla β -karoten içeriğinde daha az kayba sebebiyet verdiğini, ancak aynı güç kullanılarak havanın sıcaklığının artırılması ile kaybın önemli derecede arttığını bildirmişlerdir. Daha önce de belirtildiği gibi mikrodalga veya sıcak-hava mikrodalga kombine yöntemlerinde ürün sıcaklığının aniden yükseldiği ve ürün içerisindeki suyun kaynama noktasına çok kısa sürede ulaşabildiği çeşitli çalışmaların sonuçları ile özetlenmişti. Sıcak hava veya vakum kurutma yöntemlerinde sıcaklık artışı ile β -karoten kaybının azaldığı ifade edilmişti. Ancak mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerine kıyasla sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerinde ürünün sıcaklık artışının yavaş bir şekilde gerçekleştiği ve ulaşılan sıcaklığın çok daha düşük olduğu çeşitli çalışmalar örnek gösterilerek belirtilmişti. Mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga yöntemlerinde meydana gelen ani ve çok yüksek sıcaklık oluşumu yukarıda ifade edildiği gibi lipoksijenaz aktivitesini azaltmış olabilir. Böylece β -karoten'nin enzimatik kaybı azalmış olsa da doymamış bağı sahip olan β -karoten'nin hızlı bir şekilde oksidasyona uğramasına sebep olmuş olabilir (Béttega ve diğ. 2014). Buna ek olarak meydana gelen muhtemel ve çok yüksek sıcaklık oluşumu β -karoten'nin ısıl parçalanmasını da hızlandırmış olabilir (Zhao ve diğ. 2014). Kavun ve karpuz meyveleri kıyaslandığında mikrodalga gücünde meydana gelen artış kavun meyvelerinin β -karoten içeriğinde kaybı daha fazla artırmıştır. Meyve ve sebzelerde antioksidan özellikteki bileşenlerin birbirlerini koruma özelliği olduğu bilinmektedir. Bu durum ise karpuz meyvesinde kavun meyvesine ek olarak yüksek miktarda likopen, askorbik asit gibi antioksidanların bulunması ve β -karoten'nin kısmen likopen tarafından korunması ile ilişkilendirilebilir.

Taze ve farklı kurutma yöntemleri ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin likopen içeriğinin değişimi Tablo 3.44'de sunulmuştur. Tablo 3.44'den de görüldüğü gibi taze karpuz meyvelerinde likopen içeriği $37,15 \pm 1,70 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1} \text{ KM}$ olarak belirlenmiştir. Akyıldız ve diğ. (2017) çalışmalarında kullandıkları karpuzların likopen içeriğinin $26,34 \text{ mg kg}^{-1}$ (yaş bazda) olduğunu bildirmişlerdir. Tlili ve diğ. (2011^a) ve Tlili ve diğ. (2011^b) ise Crimson Sweet çeşidi karpuzların likopen içeriğinin sırasıyla $44,5 \text{ mg}$

kg⁻¹ ve 53,5 mg kg⁻¹ (yaş bazda) olduğunu tespit etmiştir. Yoo ve diğ. (2012) ise Dixie Lee çeşidi karpuzların 38,5 µg g⁻¹ (yaş bazda) likopen içerdiğini bildirmiştir. Karpuz meyvelerinin likopen içeriği çeşide bağlı olarak önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Kurutma işlemleri karpuz meyvelerinin likopen içeriğinde önemli düzeyde azalmaya sebep olmuştur (p<0,05). Karpuz meyvesi domates gibi likopen kaynağı olan diğer meyvelerden farklı olarak likopenin *cis*-formunu içermektedir (Naz ve diğ. 2014). Likopen kaynağı olarak ilk akla gelen domates ise ağırlıklı olarak *all-trans* formunu içermektedir (Bhatkar ve diğ. 2021). Bu da ısıtma işlemlerinin karpuz meyvesinde bulunan likopen üzerine muhtemel etkilerini değiştirmektedir. Bu sebeple likopen içeren diğer meyveler ile kıyaslama yapılmamış, ancak likopen kaybına ilişkin kanıtlar sunulmaya çalışılmıştır. *Cis*-form likopenin stabilitesinin *all-trans* likopene göre daha düşük olduğu, ancak organik çözücüler içinde daha fazla çözünebildiği bildirilmektedir. Isıtma işlemlerinin izomerizasyonu tetikleyerek *all-trans*-formdan *cis*-forma dönüşümü hızlandırdığı ifade edilmektedir (Bhatkar ve diğ. 2021). Ayrıca *cis*-form likopenin oksidasyona oldukça duyarlı olduğu, *cis*-formun çözünürlük özelliğinden dolayı ekstrakte edilebilirliğinin artmasına rağmen, özellikle kurutma işleminin atmosferik oksijen varlığında gerçekleştirilmesi durumunda oksidasyona bağlı kayıpların gözlemlendiği belirtilmektedir (Martin-Hernandez ve diğ. 2016). Karpuz meyvesinde bulunan likopenin *cis*-formda bulunduğu göz önünde bulundurulduğunda oksijen varlığında ısıtma işleme hassasiyetinin fazla olduğu söylenebilir. Kuruma süresinin de oksijene maruziyeti etkilediği ve nispeten kuruma süresinin kısalmasının β-karoten kaybını azalttığı daha önce belirtilmişti (Karabulut ve diğ. 2007). Likopenin de bir karotenoid olduğunu düşünüldüğünde kuruma süresinin benzer bir etkiye sahip olabileceği düşünülmektedir. Buna ek olarak lipoksijenaz aktivitesinin karotenoidlerin ko-oksidasyonuna sebep olduğu, ancak yüksek sıcaklıkların aktiviteyi azalttığı belirtilmişti. Tüm bu açıklamalar göz önünde bulundurulduğunda farklı kurutma tekniklerinin likopen üzerine etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu açıklanabilmektedir.

Tablo 3.43: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin β -karoten içeriği

	β -Karoten (mg 100 g ⁻¹ KM)
Taze Kavun	4,16 ^a ± 0,24
Kurutma Yöntemi	β -Karoten (mg 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	0,54 ^{bc} ± 0,07
70 °C	0,88 ^{ce} ± 0,07
80 °C	0,85 ^c ± 0,03
60 °C + 100 W	0,64 ^d ± 0,08
60 °C + 200 W	0,47 ^{bef} ± 0,06
70 °C + 100 W	0,53 ^{bc} ± 0,06
70 °C + 200 W	0,40 ^{efh} ± 0,05
80 °C + 100 W	0,36 ^{fh} ± 0,01
80 °C + 200 W	0,38 ^{fh} ± 0,03
60 °C (21,3 kPa)	0,41 ^{efh} ± 0,04
70 °C (21,3 kPa)	0,57 ^b ± 0,03
80 °C (21,3 kPa)	0,89 ^c ± 0,07
100 W	0,42 ^{efh} ± 0,02
200 W	0,41 ^{efh} ± 0,03
300 W	0,34 ^{fh} ± 0,04

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.44: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin likopen ve β -karoten içeriği

	Likopen (mg 100 g ⁻¹ KM)	β -Karoten (mg 100 g ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	37,15 ^a ± 1,70	14,40 ^a ± 1,21
Kurutma Yöntemi	Likopen (mg 100 g ⁻¹ KM)	β -Karoten (mg 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	12,67 ^{bcd} ± 1,00	4,85 ^{bf} ± 0,84
70 °C	13,17 ^{cde} ± 0,79	9,27 ^c ± 0,74
80 °C	14,16 ^{de} ± 0,99	10,43 ^c ± 0,78
60 °C + 100 W	13,99 ^{cde} ± 0,83	0,80 ^e ± 0,41
60 °C + 200 W	15,42 ^e ± 1,43	2,30 ^d ± 0,62
70 °C + 100 W	11,65 ^{bc} ± 1,33	0,28 ^e ± 0,16
70 °C + 200 W	14,68 ^{de} ± 1,74	1,17 ^e ± 0,24
80 °C + 100 W	12,53 ^{bcd} ± 1,47	4,72 ^b ± 0,68
80 °C + 200 W	13,66 ^{cde} ± 1,29	5,33 ^{bf} ± 0,85
60 °C (21,3 kPa)	10,48 ^b ± 0,89	3,15 ^d ± 0,27
70 °C (21,3 kPa)	12,33 ^{bcd} ± 1,18	5,92 ^{fg} ± 0,43
80 °C (21,3 kPa)	13,52 ^{cde} ± 1,04	9,85 ^c ± 0,56
100 W	12,40 ^{bcd} ± 1,30	6,98 ^g ± 0,70
200 W	13,22 ^{de} ± 1,30	9,89 ^c ± 0,44
300 W	12,68 ^{bcd} ± 1,48	9,79 ^c ± 0,57

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.1.5 Kavun ve Karpuz Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktivitelerinde Meydana Gelen Değişimler

Fenolik bileşenler bitkilerin sekonder metabolitleri olup, en az bir tane hidroksillenmiş aromatik halkaya sahip fitokimyasallardır (Delgado ve diğ. 2019, Shahidi ve diğ. 2019). Bitkiler fenolik bileşenleri yüksek sıcaklıklar, UV radyasyon maruziyeti, hava kirliliği, patojen veya parazit enfeksiyonu veya yaralanma gibi stres koşullarında savunma amacıyla üretirler (Shahidi ve diğ. 2019). Fenolik bileşenler, fenolik asitler gibi bir adet fenol halkasına sahip olup basit yapıda bulunabilirken, stilbenler ve flavonoidler gibi 2 veya daha fazla fenol halkası içeren karmaşık yapıdaki bileşenler de olabilmektedir. Flavonoidler; flavonoller, flavonlar, isoflavonlar, flavanonlar, flavan-3-ol'ler, ve antosiyaninler olarak alt gruplara ayrılır. Buna ek olarak flavan-3-ol'lerin oligomer ya da polimer yapıdaki hallerine proantosiyandinler (kondense tanenler) adı verilmektedir. Flavonoidler genel olarak polimerleşmiş halde ya da şeker veya organik asitlere bağlı halde bulunurlar (Ribas-Agusti ve diğ. 2018). Fenolik bileşenlerin antialerjik, antiarterojenik, antiinflamatuvar, antimikrobiyal, antitrombotik, kalp koruyucu ve kan damarlarını genişletme gibi önemli fizyolojik etkileri bulunmaktadır (Shahidi ve diğ. 2019). Fenolik bileşenler doymamış bağlara sahip olmasından kaynaklı güçlü antioksidanlardır ancak ısı, pH değişimleri, ışık, enzimatik aktiviteler, metal iyonları ve oksijene karşı oldukça hassastırlar (Esparza ve diğ. 2020).

Meyveler ve sebzeler fenolik bileşenler açısından zengin gıdalar oldukları için önemli antioksidan kaynağı olarak görülürler (Ribas-Agusti ve diğ. 2018, Jideani ve diğ. 2021). Fenolik bileşenlerin yanı sıra karotenoidler ve askorbik asit de meyve ve sebzelerde bulunan önemli antioksidanlardır (Zakynthinos ve Varzakas 2016, Tepe ve diğ. 2022). Antioksidanlar serbest radikal süpürme, metal iyonları kaynaklı radikal oluşumunu baskılama, hidrojen peroksit indirgeme, süperoksit ve singlet oksijeni sönmüleme gibi özellikleri ile oksidatif stresi engellerler (Tepe ve diğ. 2022). Kurutma süresince bu antioksidan özellikteki bileşenlerde meydana gelen kaybın doğrudan antioksidan aktivitede kayba sebep olacağı beklenmektedir (Mendes-Lagunas ve diğ. 2017).

Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği Tablo 3.45 ve Tablo 3.46’da verilmiştir. Kavun meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği $166,03 \pm 9,53$ mg GAE 100 g^{-1} KM olarak belirlenirken, karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği $377,15 \pm 13,99$ mg GAE 100 g^{-1} KM olarak tespit edilmiştir. da Cunha ve diğ. (2020), Ahmed ve diğ. (2021) ve Kolaylı ve diğ. (2010) kantalop, Kırkağaç 637 ve Çini kızı kavununun toplam fenolik madde içeriğini sırasıyla, $3,66$ mg GAE g^{-1} KM, $17,56$ mg GAE 100 g^{-1} (yaş bazda), $115,2$ mg GAE 100 g^{-1} KM (yaş bazda) olarak bildirmektedir. Buna ek olarak, Tlili ve diğ. (2010) çalışmalarında kullandıkları Crimson Sweet, Giza, Dumara, P403, P503 ve Aramis çeşidi karpuzların toplam fenolik madde içeriğinin yaş bazda $89,76$ ile $127,26$ mg GAE kg^{-1} arasında değiştiğini bildirmektedir. Ayrıca Tlili ve diğ. (2011^a) ve Tlili ve diğ. (2011^b) Crimson sweet çeşidi karpuzların yaş bazda toplam fenolik madde içeriğinin sırasıyla $137,2$ ve $127,2$ mg GAE kg^{-1} olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir. Örnek çalışmalardan da görüldüğü gibi kavun ve karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği çeşide bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Tablo 3.45 ve Tablo 3.46’dan da görüldüğü gibi kurutma işlemleri toplam fenolik madde içeriğinde azalmaya neden olmuştur ($p < 0,05$). Kavun meyvesi için en fazla kaybın sıcak hava ve vakum kurutma yöntemiyle kurutulan örneklerde gerçekleştiği belirlenirken, karpuz meyvesinde en fazla azalma vakum kurutma yönteminde gerçekleşmiştir. Toplam fenolik madde içeriğinin en yüksek düzeyde korunduğu yöntemlerin mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi olduğu gözlenmiştir ($p < 0,05$). Çoğu fenolik bileşen ısıya oldukça duyarlı ve kolayca okside olma özelliğindedir (Sulaiman ve diğ. 2017). Bazı fenolik bileşenlerin ise ısı hassasiyetinin diğerlerine göre çok daha fazla olduğu ifade edilmektedir (Ong ve Law 2011). Wojdylo ve diğ. (2014) kurutma ile toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen azalmayı geri dönüşümsüz oksidasyon ile uzun süreli sıcaklık maruziyetine bağlı fenolik bileşenlerin ısı parçalanması ile açıklamaktadır. Kavun meyvesinde sıcak hava ve vakum kurutma ile kurutulan örneklerde fenolik madde içeriği açısından istatistiki olarak fark bulunmazken ($p > 0,05$), karpuz meyvesinde vakum kurutma ile kurutulan örneklerin fenolik madde içeriği sıcak hava ile kurutulan örneklere kıyasla daha düşük bulunmuştur ($p < 0,05$). Kavun meyvesinde sıcak hava kurutma ile ısı parçalanma ve oksidasyon gerçekleşirken, vakum kurutma nispeten sıcak havaya göre uzun olsa da oksijen maruziyeti az olduğundan kayıplar birbirine yakın gerçekleşmiş

olabilir. Ancak karpuz meyvesinde vakum kurutma işleminde oksijen maruziyeti az olsa bile kuruma oldukça uzun sürmüş ve ısıl parçalanma artış göstermiş olabilir. Ayrıca mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemleri ile kurutulan ürünlerde toplam fenolik madde kaybının daha az olması ise hızlı ısınma ve kısa kuruma süresine bağlı olarak oksidatif enzimlerin inaktivasyonu, oksijen ve ışık ile temas süresinin kısılması ile ilişkilendirilmiştir (Horuz ve diğ. 2018^b). Buna ek olarak, Szadzinska ve Mierzwa (2021) mikrodalga ile hücreleri zarar gören meyve dokusundan daha fazla fenolik madde ekstrakte edilmesi sebebiyle mikrodalga uygulaması gören ürünlerde toplam fenolik madde kaybının az olabileceğini bildirmektedir. Literatürde kavun ve karpuz meyvesinin toplam fenolik madde içeriğinin kurutma işlemine bağlı değişimine ilişkin çalışmalar oldukça kısıtlıdır. da Cunha ve diğ. (2020) 60 °C’de kurutma işlemine tabi tuttıkları kantalop kavunlarının toplam fenolik madde içeriğinin kurutma işlemi ile azalma gösterdiğini belirtmişlerdir. Ahmed ve diğ. (2021) mikrodalga ile kuruttukları kavunların toplam fenolik madde içeriğinin sıcak hava yöntemi ile kurutulanlara göre daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Zahoor ve Khan (2019) mikrodalga ile kuruttukları acı kavunların toplam fenolik madde içeriğinin daha yüksek olduğunu rapor etmişlerdir. Horuz ve diğ. (2018^b) benzer bir durumun sıcak hava ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan kayısılarda gözlendiğini, kurutulmuş kayısıların toplam fenolik madde içeriğinin taze kayıslara göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca aynı çalışmada sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan kayısıların toplam fenolik madde içerikleri göreceli olarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan örneklerle kıyasla daha yüksek bulunmuştur. İzli ve diğ. (2017) ise sıcak hava ve mikrodalga yöntemleri ile kurutulan kivi meyvelerinin toplam fenolik madde içeriğinin her iki kurutma işlemi ile azalma gösterdiğini ifade etmiştir. Karabacak ve diğ. (2018) kereviz dilimlerinin toplam fenolik madde içeriğinin kurutmaya bağlı azaldığını, vakum kurutma işlemine tabi tutulan örneklerde toplam fenolik madde içeriğinde daha fazla azalma meydana geldiğini rapor etmişlerdir. Bütün bu açıklamalar sonucunda tez çalışmasının sonuçlarının literatür ile uyum gösterdiği ifade edilebilir.

Taze ve farklı yöntemlerle kurutulmuş kavun ve karpuz meyvesinin antioksidan aktiviteleri Tablo 3.45 ve 3.46’da verilmiştir. Taze kavun meyvelerinde antioksidan aktivite $4,44 \pm 0,13$ mmol TE 100 g⁻¹ KM olarak tespit edilirken, karpuz meyvelerinde ise $4,33 \pm 0,23$ mmol TE 100 g⁻¹ KM olarak belirlenmiştir. Tablo 3.43

ve 3.44'ten de anlaşıldığı gibi kurutma işlemleri sonucunda kavun ve karpuz meyvelerinin antioksidan aktivitelerinde azalma meydana geldiği gözlenmiştir ($p<0,05$). Kavun meyvelerinde en yüksek düzeyde azalmaların 60 °C'de sıcak hava ve 60 °C'de vakum kurutma ile kurutulan örneklerde meydana geldiği belirlenmiştir ($p<0,05$). Karpuz meyvelerinde ise en yüksek antioksidan aktivite azalması vakum kurutma ile kurutulan örneklerde tespit edilmiştir ($p<0,05$). Genel olarak hem sıcak hava hem de vakum kurutma yönteminde sıcaklık arttıkça antioksidan aktivite kaybının azaldığı görülmektedir. İzli ve diğ. (2017) fenolik bileşenler ile antioksidan aktivite arasında güçlü ve pozitif bir ilişki olduğunu bildirmektedirler. Böylece fenolik bileşen kaybının azalması ile antioksidan aktivite kaybının azalabileceği düşünülmektedir. Nitekim Ahmed ve diğ. (2021) de kavun meyvelerinin fenolik bileşenleri ile antioksidan aktiviteleri arasında doğrusal bir ilişki olduğunu ifade etmişlerdir. Zahoor ve Khan (2019) kurutma işlemi sıcaklık artışı ile antioksidan aktivite kaybının azaldığını, bunun sebebinin ise kuruma süresinin kısalması ve yüksek sıcaklıklarda meydana gelen Maillard reaksiyonu sonucu oluşan antioksidan aktiviteye sahip bileşenlerin oluşması ile açıklamışlardır. Sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerinde sıcaklık arttıkça kayıp azaldığı bahsi geçen durumlarla açıklanabilmektedir. Her iki meyve için de sıcak hava-mikrodalga kombine ve mikrodalga yöntemlerinin antioksidan aktiviteyi en yüksek düzeyde koruduğu belirlenmiştir ($p<0,05$). Benzer şekilde Ahmed ve diğ. (2021) mikrodalga ile kurutulan kavun meyvelerinin sıcak hava yöntemi ile kurutulanlara göre daha yüksek antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir. Daha önce antioksidan aktivite ile fenolik bileşenler arasında pozitif bir korelasyon bulunduğu ifade edilmişti. Ayrıca yine mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinin kısa süreli kuruma ve daha fazla ekstrakte edilebilir fenolik bileşen nedeniyle fenolik bileşen kaybının daha az gerçekleştiği belirtilmişti. Bu bilgilerden yola çıkarak mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinde daha yüksek antioksidan aktivite belirlenmesi anlamlı hale gelmektedir. Bununla beraber Horuz ve diğ. (2018^b) mikrodalga uygulaması ile serbest radikal süpürme aktivitesine sahip Maillard reaksiyonu bileşenleri ortaya çıktığını belirtmiştir. Nitekim Zahoor ve Khan (2019) da mikrodalga ile antioksidan aktiviteye sahip bileşenlerin meydana geldiğini ortaya koymakla beraber, kuruma süresinin kısalmasının antioksidan aktivite kaybını

azalttığını belirtmektedir. Tez çalışmasının sonuçları literatür ile uyum göstermektedir.

Tablo 3.45: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri

	Toplam Fenolik Madde (mg GAE 100 g ⁻¹ KM)	Antioksidan aktivite (mmol TE 100 g ⁻¹ KM)
Taze Kavun	166,03 ^a ± 9,53	4,44 ^a ± 0,13
Kurutma Yöntemi	Toplam Fenolik Madde (mg GAE 100 g ⁻¹ KM)	Antioksidan aktivite (mmol TE 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	78,33 ^{bde} ± 6,98	1,88 ^b ± 0,11
70 °C	87,82 ^c ± 5,03	2,04 ^{cd} ± 0,14
80 °C	80,63 ^{cde} ± 2,57	2,5 ^e ± 0,17
60 °C + 100 W	88,48 ^e ± 4,42	2,54 ^e ± 0,13
60 °C + 200 W	98,08 ^f ± 3,38	2,95 ^f ± 0,14
70 °C + 100 W	99,22 ^f ± 3,56	3,36 ^g ± 0,14
70 °C + 200 W	99,48 ^f ± 2,52	3,56 ^g ± 0,21
80 °C + 100 W	99,03 ^f ± 2,45	2,84 ^f ± 0,14
80 °C + 200 W	104,66 ^f ± 4,83	2,87 ^f ± 0,15
60 °C (21,3 kPa)	72,83 ^{bd} ± 4,28	1,86 ^b ± 0,14
70 °C (21,3 kPa)	75,90 ^{bde} ± 3,66	2,11 ^d ± 0,17
80 °C (21,3 kPa)	71,42 ^b ± 4,02	2,17 ^d ± 0,17
100 W	83,06 ^{ce} ± 3,49	2,48 ^e ± 0,17
200 W	128,52 ^g ± 4,46	3,46 ^g ± 0,14
300 W	131,23 ^g ± 5,50	3,37 ^g ± 0,24

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.46: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri

	Toplam Fenolik Madde (mg GAE 100 g ⁻¹ KM)	Antioksidan aktivite (mmol TE 100 g ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	377,15 ^a ± 13,99	4,33 ^a ± 0,23
Kurutma Yöntemi	Toplam Fenolik Madde (mg GAE 100 g ⁻¹ KM)	Antioksidan aktivite (mmol TE 100 g ⁻¹ KM)
60 °C	55,80 ^b ± 6,92	1,65 ^b ± 0,13
70 °C	57,29 ^b ± 7,01	1,46 ^b ± 0,10
80 °C	53,29 ^b ± 4,15	1,57 ^b ± 0,11
60 °C + 100 W	62,53 ^b ± 7,78	3,25 ^{def} ± 0,11
60 °C + 200 W	157,43 ^c ± 11,26	3,30 ^{ef} ± 0,20
70 °C + 100 W	60,18 ^b ± 3,61	3,20 ^{def} ± 0,14
70 °C + 200 W	132,19 ^{cf} ± 7,67	3,13 ^{def} ± 0,12
80 °C + 100 W	52,55 ^b ± 6,32	3,03 ^d ± 0,14
80 °C + 200 W	80,37 ^d ± 6,93	3,07 ^{def} ± 0,17
60 °C (21,3 kPa)	30,68 ^e ± 5,46	1,10 ^e ± 0,12
70 °C (21,3 kPa)	34,53 ^e ± 4,37	1,14 ^e ± 0,12
80 °C (21,3 kPa)	43,57 ^{eb} ± 2,30	1,66 ^b ± 0,12
100 W	61,76 ^b ± 5,15	3,05 ^{de} ± 0,15
200 W	125,32 ^f ± 9,26	3,32 ^f ± 0,10
300 W	125,88 ^f ± 6,94	3,32 ^f ± 0,09

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.1.6 Kavun ve Karpuz Meyvesinde HMF Oluşumu

5-Hidroksimetilfurfural (HMF) 6 karbonlu aldehit ve alkol fonksiyonel gruplarını içeren heterosiklik bir organik bileşendir. Düşük erime noktasına sahip olan bu bileşen sarı renkte olup, suda yüksek oranda çözünmektedir. Temelde iki reaksiyonun ara ürünü olarak kabul edilmekte olup, bu reaksiyonlar asidik koşullarda heksozların dehidrasyonu ile Maillard reaksiyonunda meydana gelen Amadori düzenlenmesi sonucu oluştuğu ifade edilmektedir. Isıl işlemlerin bu reaksiyonları hızlandırdığı ve artırdığı belirtilmektedir. Bu nedenle miktarı ısıl işlem görmüş gıdalarda kalite kriteri olarak belirtilmektedir (Shapla ve diğ. 2018, Kanar ve Mazı, 2019, Turkiewicz ve diğ. 2019, Choudhary ve diğ. 2020). HMF oluşumunun sıcaklığın yanı sıra, pH, su aktivitesi, şeker ve aminoasit çeşidi, işlem süresi, ortamdaki antioksidan varlığı gibi etkenlere bağlı olduğu bildirilmektedir (Choudhary ve diğ. 2020). Özellikle, fruktozun glikoza kıyasla reaktivitesinin 5 kat daha fazla olduğu, fruktoz:glikoz oranı arttıkça oluşumun arttığı ifade edilmektedir (Shapla ve diğ. 2018). Bu yüzden HMF'nin özellikle şekerce zengin gıdaların ısıl işlemi sonucu oluşması

beklenmektedir (Chaikham ve diğ. 2013). Ayrıca HMF ve türevlerinin kanserojen, mutajen, genotoksik, organotoksik ve enzim inhibisyon etkilerinin olduğu rapor edilmiştir (Shapla ve diğ. 2018). Ülkemizde bazı ürünlerde HMF üst limiti şu şekilde belirtilmiştir; bal için 40 mg kg^{-1} , meyve suları için 20 mg kg^{-1} ve melas ürünleri için ise 75 mg kg^{-1} (Ünüvar 2018).

Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde tespit edilen HMF içeriği Tablo 3.47 ve 3.48’de verilmiştir. Tablo 3.47 ve 3.48’den de görüldüğü gibi taze kavun ve karpuz meyvelerinde HMF tespit edilememiştir. Farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinde farklı düzeylerde HMF oluşumu gerçekleştiği gözlenmiştir ($p<0,05$). Sıcaklık ve mikrodalga güçlerinde meydana gelen artışın HMF oluşumunu artırdığı tespit edilmiştir. En düşük düzeyde HMF değeri $60 \text{ }^\circ\text{C}$ ’de kurutulan örneklerde görülürken, en yüksek HMF değeri ise 300 W mikrodalga gücünde kurutulan örneklerde belirlenmiştir ($p<0,05$). Ayrıca sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ile kurutulan örneklerin HMF içeriği, aynı sıcaklıkta sıcak hava yöntemi ile kurutulan örneklere göre daha yüksek bulunmuştur ($p<0,05$). Kavun meyvelerine HMF değeri yukarıda belirtilen en düşük üst limit olan 20 mg kg^{-1} değerini bile geçmezken, karpuz meyvelerinde mikrodalga uygulaması sonucu 20 ve 40 mg kg^{-1} limitlerini geçmiş bulunmaktadır. Bunun sebebi bu iki meyve arasındaki şeker içeriği ve pH değeri farkı ile birlikte karpuz meyvelerinin kuruma sürelerinin daha uzun olması ile ilişkilendirilebilmektedir. Kurutma işleminin kavun ve karpuz meyvesinde HMF oluşuma etkisi ile alakalı çalışmaya rastlanamamıştır. Tez çalışması ile benzer bir şekilde Ertekin Filiz ve Seydim (2018) kurutma sıcaklığında meydana gelen artışın elma dilimlerinin HMF içeriğinde artışa sebep olduğunu belirtmiştir. Wojdylo ve diğ. (2014) de farklı sıcaklıklarda kurutma işlemine tabi tuttıkları vişnelerin HMF içeriğinin sıcaklık arttıkça artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Vardin ve Yılmaz (2018) de farklı sıcaklıklarda kuruttukları nar tanelerinin HMF içeriğinin sıcaklık artışı ile arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca Chouaibi ve diğ. (2021) mikrodalga ile kurutulan patlıcanların sıcak hava yöntemi ile kurutulan patlıcanlara kıyasla çok daha yüksek HMF içerdiğini belirtmiştir. Başka bir çalışmada da vişne kurutmada kullanılan mikrodalga gücünde meydana gelen artışın HMF içeriğini artırdığı, mikrodalga ile kurutulan örneklerin sıcak hava yöntemi ile kurutulan örneklerden daha fazla HMF içerdiği tespit edildiği bildirilmiştir (Wojdylo ve diğ. 2014). Chaikham ve diğ. (2013) ejderha gözü meyvelerinin mikrodalga ile kurutulması

sonucunda HMF oluşumu gerçekleştiğini, miktarın ise mikrodalga ile artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Daha önce çeşitli çalışmalar ile yüksek miktarda su içeren ürünlerde sıcaklığın mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine kurutma yöntemleri sonucunda sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerine kıyasla çok daha fazla yükseldiği belirtilmişti. Bu durumun mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemleri ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinde de benzerlik göstermesinin muhtemel olduğu belirtilmişti. Buradan yola çıkarak mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine kurutma yöntemleri ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinin HMF içeriğinin sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerine göre daha yüksek bulunması açıklanabilir. Buna ek olarak, vakum kurutma yöntemi sıcak hava yöntemine göre daha uzun sürdüğü için kavun ve karpuz meyveleri daha uzun süre ısıtılma maruz kalmış, böylece vakum kurutma ile kurutulan örneklerde sıcak hava yöntemine kıyasla daha yüksek HMF bulunmuştur.

Tablo 3.47: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş kavun meyvelerinin HMF içeriği

	HMF (mg kg ⁻¹ KM)
Taze Kavun	0,00 ^a ± 0,00
Kurutma Yöntemi	HMF (mg kg ⁻¹ KM)
60 °C	0,10 ^b ± 0,03
70 °C	0,54 ^c ± 0,04
80 °C	1,03 ^d ± 0,07
60 °C + 100 W	1,31 ^e ± 0,07
60 °C + 200 W	4,05 ^f ± 0,11
70 °C + 100 W	1,46 ^g ± 0,08
70 °C + 200 W	5,42 ^h ± 0,10
80 °C + 100 W	3,01 ⁱ ± 0,09
80 °C + 200 W	6,65 ^j ± 0,11
60 °C (21,3 kPa)	0,18 ^{bj} ± 0,03
70 °C (21,3 kPa)	0,84 ^l ± 0,04
80 °C (21,3 kPa)	1,24 ^e ± 0,09
100 W	1,74 ^k ± 0,05
200 W	5,41 ^h ± 0,08
300 W	8,94 ^l ± 0,11

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.48: Taze ve farklı yöntemler ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin HMF içeriği

	HMF (mg kg ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	0,00 ^a ± 0,00
Kurutma Yöntemi	HMF (mg kg ⁻¹ KM)
60 °C	1,53 ^b ± 0,06
70 °C	7,39 ^c ± 0,06
80 °C	8,58 ^d ± 0,08
60 °C + 100 W	3,32 ^e ± 0,07
60 °C + 200 W	30,23 ^f ± 0,10
70 °C + 100 W	12,41 ^g ± 0,09
70 °C + 200 W	32,91 ^h ± 0,07
80 °C + 100 W	18,91 ⁱ ± 0,08
80 °C + 200 W	41,60 ^j ± 0,08
60 °C (21,3 kPa)	10,10 ^j ± 0,04
70 °C (21,3 kPa)	12,34 ^g ± 0,05
80 °C (21,3 kPa)	12,88 ^k ± 0,08
100 W	2,75 ^l ± 0,06
200 W	16,44 ^m ± 0,06
300 W	56,47 ⁿ ± 0,11

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.2 Farklı Ön İşlemler Uygulanarak Sıcak Hava Yöntemi ile Kurutulmuş Kavun ve Karpuz Meyvelerinin Bileşiminde Meydana Gelen Değişimler

3.4.2.1 Kavun ve Karpuz Meyvesinin Organik Asit ve Askorbik Asit İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinin organik asit ve askorbik asit içeriğinde meydana gelen değişimler Tablo 3.49 ve Tablo 3.50’de verilmiştir. Uygulanan ön işlemlerin organik asit ve askorbik asit içeriği üzerine önemli etkisi olduğu saptanmıştır (p<0,05). Beklenildiği gibi, sitrik asit çözeltilisine daldırılan kavun ve karpuz meyvelerinin sitrik asit içeriğinde ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla artış meydana gelmiştir (p<0,05). Ayrıca bütün ön işlemler malik asit, tartarik asit ve askorbik asit kaybını artırmıştır (p<0,05). Genel olarak en fazla kaybın sıcak suya daldırma ve ultrases ön işlemi sonucu meydana geldiği gözlenmiştir. Ön işlemler uygulanırken örnekler çeşitli sürelerde

çözelti içerisine daldırıldığı için meydana gelen katı madde kayıpları organik asit ve askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıpları açıklamaktadır. Buna ek olarak askorbik asitin ısı hassasiyeti nedeniyle sıcak suya daldırma işleminde ısı parçalanmaya maruz kaldığı düşünülebilir. Benzer şekilde Tinello ve diğ. (2018) elma dilimlerini %1 askorbik asit-%1 sitrik asit içeren çözelti ve %6 NatureSeal (yüksek oranda malik asit içeren bir çözelti olarak tanımlanmakta) isimli çözeltilere daldırmış ardından sıcak hava yöntemi ile kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Kurutma sonrası %1 askorbik asit-%1 sitrik asit içeren çözeltilere daldırılan örneklerin askorbik asit ve sitrik asit içeriklerinin ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Ayrıca aynı çözeltilere daldırılan örneklerin malik asit içeriğinin azaldığını vurgulamışlardır. Buna ek olarak %6 NatureSeal isimli çözeltilere daldırılan örneklerin ise malik asit içeriklerinin oldukça yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Sun ve diğ. (2020) sitrik asit çözeltisi ve sıcak suya daldırma işlemine tabi tutulan patateslerin askorbik asit içeriğinin ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Tunde-Akıntunde (2010) sıcak suya daldırma işlemi ardından kurutulan şili biberlerinin askorbik asit kaybının ön işlem uygulanmamış örneklerden daha fazla olduğunu vurgulamıştır. Nyangena ve diğ. (2019) da sıcak suya daldırma işleminin mango dilimlerinin askorbik asit içeriğinde ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla daha fazla kayıp olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum askorbik asidin ısı hassasiyeti yüksek olduğu için daldırma esnasında ısı parçalanmaya uğraması ile kaybolduğu, bunun yanı sıra daldırma suyuna da geçmiş olması ile açıklanmaktadır (Tunde-Akıntunde ve diğ. 2010, Sun ve diğ. 2020). da Cunha ve diğ. (2020) %100 etanol içeren çözeltilere daldırılan kavun dilimlerinin askorbik asit içeriğinin ön işlem uygulanmamış kontrol grubuna göre daha düşük olduğunu, etanol ön işleminin askorbik asit kaybını artırdığını belirtmişlerdir. Etanol çözeltisine daldırma sonucu meydana gelen askorbik asit kaybı daha önce belirtildiği gibi etanolün hücre geçirgenliğini artırması sonucu askorbik asitin daldırma sıvısına geçişi ile açıklanabilir. Ayrıca aynı çalışmada ultrases uygulamasının kavun meyvelerinin askorbik asit içeriğinde meydana gelen kaybı artırdığı bildirilmiştir. Silva Júnior ve diğ. (2018) ultrases ön işlemine tabi tutularak kurutulan papaya meyvelerinde askorbik asit kaybının arttığını ifade etmişlerdir. Pingret ve diğ. (2013) ultrases uygulaması esnasında askorbik asit içeriğinde meydana gelen kaybın ağırlıklı olarak piroliz ve ultrases kavitasyonu sonucu ortaya çıkan hidroksil iyonlarının sebep

olduğu oksidasyon olarak bildirmiştir. Ayrıca Mothibe ve diğ. (2011) ultrases ön işleminin sıvı ortama daldırma ile gerçekleşmesinden dolayı mevcut sıvıda çözünebilen bileşenlerin sıvıya geçiş yaptığını, böylece kayıpların meydana geldiğini vurgulamaktadır.

Tablo 3.49: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin organik asit ve askorbik asit içeriği

	Sitrik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Malik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Tartarik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
Taze Kavun	169,05 ^a ± 5,93	61,02 ^a ± 2,36	12,51 ^a ± 1,07	114,16 ^a ± 3,45
Kurutma Yöntemi	Sitrik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Malik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Tartarik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
70°C	166,95 ^b ± 6,87	61,39 ^b ± 1,83	12,85 ^b ± 1,09	40,81 ^b ± 2,31
70 °C + %50 ET	141,79 ^c ± 3,86	50,66 ^c ± 1,30	9,93 ^c ± 0,42	22,71 ^c ± 2,61
70 °C + %100 ET	151,28 ^d ± 2,59	51,63 ^{cd} ± 2,31	10,49 ^{cd} ± 0,55	20,94 ^{cd} ± 1,53
70 °C+ 60 °C BL	150,60 ^d ± 2,39	55,75 ^e ± 1,35	11,37 ^d ± 0,36	32,32 ^e ± 2,16
70 °C+ 70 °C BL	143,14 ^c ± 2,61	51,31 ^c ± 1,76	10,20 ^c ± 0,33	18,41 ^d ± 1,39
70 °C + %0,5 SA	181,36 ^e ± 2,55	52,97 ^{cd} ± 2,20	11,00 ^{cd} ± 0,51	31,74 ^e ± 2,31
70 °C + %1 SA	183,47 ^e ± 3,02	55,13 ^{de} ± 2,68	11,46 ^d ± 0,55	34,32 ^e ± 3,17
70 °C + %50 US	145,60 ^{cd} ± 2,93	51,87 ^{cd} ± 1,54	10,44 ^{cd} ± 0,58	18,32 ^d ± 1,72
70 °C + %100 US	142,31 ^c ± 2,82	51,99 ^{cd} ± 1,26	10,15 ^c ± 0,71	13,21 ^f ± 2,05

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.50: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin organik asit ve askorbik asit içeriği

	Sitrik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Malik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Tartarik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	146,76 ^a ± 3,76	103,06 ^a ± 1,31	67,18 ^a ± 4,66	159,95 ^a ± 7,85
Kurutma Yöntemi	Sitrik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Malik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Tartarik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)	Askorbik Asit (mg 100 g ⁻¹ KM)
70°C	146,91 ^a ± 3,76	101,38 ^a ± 2,49	65,71 ^a ± 2,81	28,28 ^b ± 3,26
70 °C + %50 ET	106,02 ^b ± 3,08	88,73 ^{be} ± 2,00	59,69 ^{be} ± 1,85	33,57 ^c ± 3,63
70 °C + %100 ET	120,77 ^c ± 4,66	91,77 ^b ± 2,02	60,92 ^b ± 3,48	35,48 ^{cd} ± 4,09
70 °C+ 60 °C BL	120,05 ^c ± 5,06	82,33 ^{cf} ± 2,58	55,53 ^{cf} ± 2,00	21,09 ^e ± 2,74
70 °C+ 70 °C BL	110,14 ^b ± 5,10	75,12 ^d ± 3,33	49,68 ^d ± 1,91	17,70 ^e ± 3,35
70 °C + %0,5 SA	153,54 ^a ± 5,99	87,30 ^{be} ± 1,37	59,02 ^{bef} ± 1,60	39,29 ^d ± 1,84
70 °C + %1 SA	165,73 ^d ± 3,33	86,50 ^{ce} ± 2,81	61,76 ^b ± 1,75	35,82 ^{cd} ± 2,21
70 °C + %50 US	97,79 ^e ± 3,08	80,77 ^f ± 2,76	55,93 ^{cef} ± 1,81	11,74 ^f ± 1,65
70 °C + %100 US	90,25 ^e ± 4,79	72,89 ^d ± 3,15	52,19 ^{cd} ± 1,92	10,66 ^f ± 1,19

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.2.2 Kavun ve Karpuz Meyvesinin Glikoz ve Fruktoz İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriğinde meydana gelen değişimler Tablo 3.51 ve Tablo 3.52’de gösterilmiştir. Kavun ve karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği ön işlem uygulanan ön işlemlere bağlı olarak istatistiksel anlamda değişim göstermiştir ($p < 0,05$). Taze meyvelere kıyasla ön işlem uygulanmamış ve uygulanmış kavun ve karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriğinin azaldığı gözlenmiştir. Genel olarak ön işlem uygulanmış kavun ve karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriğinin ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Örneklerle uygulanan ön işlemlerde daldırma çözeltilisi kullanıldığı için daldırma süresi boyunca glikoz ve fruktozun daldırma çözeltilisine geçtiği, böylelikle içeriğin azaldığı düşünülmektedir. Benzer şekilde Nyangena ve diğ. (2019) şekerlerin ön işlemler ile kurutma öncesinde azaldığını belirtmektedir. Scher ve diğ. (2009) sıcak suya daldırma ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan yacon sebzelerinin ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla daha düşük glikoz ve fruktoz içerdiği belirlemişlerdir. Sıcak suya daldırma ön işleminin kurutulmak istenen üründe şeker kaybına neden olduğu bildirilmektedir (Garcia ve diğ. 2022). Fernandes ve diğ. (2008) ultrases ön işlemi uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan ananas meyvelerinin ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla daha düşük şeker içeriğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Zhou ve diğ. (2021) yeşil soğanların etanol çözeltilisine daldırılması sonucunda çözünür katı madde kaybı meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Literatürdeki çalışmalar ile tez sonuçları tutarlılık göstermektedir.

Tablo 3.51: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği

	Glikoz (g 100 g ⁻¹ KM)	Fruktoz (g 100 g ⁻¹ KM)
Taze Kavun	19,50 ^a ± 0,01	19,23 ^a ± 0,01
Kurutma Yöntemi	Glikoz (g 100 g ⁻¹ KM)	Fruktoz (g 100 g ⁻¹ KM)
70°C	6,14 ^b ± 0,01	7,14 ^b ± 0,04
70 °C + %50 ET	8,65 ^c ± 0,17	7,39 ^c ± 0,16
70 °C + %100 ET	7,73 ^d ± 0,10	6,01 ^d ± 0,05
70 °C+ 60 °C BL	6,18 ^b ± 0,14	7,08 ^b ± 0,07
70 °C+ 70 °C BL	5,98 ^b ± 0,11	5,90 ^d ± 0,11
70 °C + %0,5 SA	6,23 ^b ± 0,35	5,76 ^e ± 0,11
70 °C + %1 SA	5,84 ^b ± 0,07	6,24 ^f ± 0,04
70 °C + %50 US	6,24 ^b ± 0,06	4,36 ^g ± 0,05
70 °C + %100 US	5,43 ^e ± 0,22	3,35 ^h ± 0,03

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.52: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriği

	Glikoz (g 100 g ⁻¹ KM)	Fruktoz (g 100 g ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	20,76 ^a ± 0,02	21,64 ^a 0,11
Kurutma Yöntemi	Glikoz (g 100 g ⁻¹ KM)	Fruktoz (g 100 g ⁻¹ KM)
70°C	7,77 ^b ± 0,12	10,19 ^b ± 0,11
70 °C + %50 ET	7,51 ^c ± 0,20	12,10 ^c ± 0,38
70 °C + %100 ET	8,14 ^d ± 0,08	13,24 ^{de} ± 0,11
70 °C+ 60 °C BL	6,80 ^e ± 0,02	13,17 ^{de} ± 0,24
70 °C+ 70 °C BL	6,90 ^e ± 0,12	12,87 ^d ± 0,23
70 °C + %0,5 SA	5,91 ^f ± 0,19	11,86 ^c ± 0,37
70 °C + %1 SA	5,50 ^g ± 0,02	13,53 ^{ef} ± 0,13
70 °C + %50 US	7,50 ^c ± 0,27	12,99 ^d ± 0,08
70 °C + %100 US	6,99 ^e ± 0,10	13,69 ^f ± 0,16

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.2.3 Kavun ve Karpuz Meyvesinin β-karoten ve Likopen İçeriğinde Meydana Gelen Değişimler

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinin β-karoten ve likopen içeriğinde meydana gelen değişimler Tablo 3.53 ve Tablo 3.54’de verilmiştir. Genel olarak ön işlemlerin kavun ve karpuz

meyvelerinin β -karoten ve likopen içeriğinde meydana gelen kayıpları artırdığı belirlenmiştir ($p < 0,05$). Özellikle etanol ön işleminin kaybı önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca etanol konsantrasyonu arttıkça kaybın artış gösterdiği tespit edilmiştir ($p < 0,05$). Buna ek olarak ultrases ve sitrik asit ön işleminin β -karoten kaybında önemli rol oynadığı, kontrol grubu örneklerle kıyasla ultrases ve sitrik asit ön işlemine tabi tutulan örneklerin kaybının daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir ($p < 0,05$). Benzer şekilde Hiranvarachat ve diğ. (2011) farklı konsantrasyonlarda sitrik asit içeren çözeltilere daldırılan havuç dilimlerinin β -karoten içeriğinin kontrol grubuna kıyasla daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Rao ve Rao (2007) β -karoten'nin stabilitesinin asidik koşullarda oldukça azaldığını bildirmektedir. Mortensen ve Skibsted (2000) asidik koşullarda β -karoten'nin çift bağlarına proton eklendiğini rapor etmişlerdir. Hiranvarachat ve diğ. (2011) ise asidik koşullarda β -karotenin okside olduğunu ve azaldığını vurgulamışlardır. Yukarıda verilen açıklamalar sitrik asit çözeltisine daldırılan kavun meyvelerinin β -karoten içeriğinde meydana gelen kaybı açıklamaktadır. Tez çalışması ile benzer şekilde da Silva ve diğ. (2016) ultrases ön işlemine tabi tutulan kavun meyvelerinin toplam karotenoid içeriğinin ön işlem uygulanmayan örneklerle kıyasla daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Karotenoidlerin gıda matriksinden salınımında hücre duvarı ve kromoplastlar önemli sınırlayıcı faktörlerdir (Jeffery ve diğ. 2012). Bu iki sınırlayıcı faktörün ortadan kaldırılması karotenoidlerin gıda matriksinden dışarı çıkmasını kolaylaştıracaktır. Ultrases uygulamasının akustik kavitasyon ile hücreye zarar verdiği ve ekstrakte edilmesi istenen bileşenin kütle transferini kolaylaştırdığı bildirilmektedir (Saini ve Keum 2018). Buradan yola çıkarak ultrases uygulaması ile daha fazla serbest halde karotenoid elde edilebileceği düşünülebilir. Ancak ultrases uygulaması boyunca ortaya çıkan kavitasyon gıda bileşenlerinin oksidasyonuna sebep olan serbest radikallerin oluşumuna sebep olmaktadır (Terefe ve diğ. 2015). Ultrases uygulaması sonrasında kontrol grubuna kıyasla β -karoten içeriğinde meydana gelen azalmanın daha fazla olmasının sebebi bu olaylarla ilişkilendirilebilir. Ayrıca ön işlem sonrasında okside olmamış karotenoidlerin (serbest halde geçmiş) kurutma esnasında ısı ve oksijen maruziyetine daha açık hale gelmiş olabileceği düşünülmektedir. Bunun yanı sıra da Cunha ve diğ. (2020) kavun meyvelerinin etanole daldırma ve ultrases ön işlemleri sonucunda toplam karotenoid içeriğinde ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla kaybın daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Etanole daldırma işleminin

karotenoidlerin çözüldüğü organik çözücü ortamını oluşturduğunu, bundan dolayı daldırma işlemi süresince etanol çözeltilisine karotenoid geçişi ile kayıp meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Tablo 3.53: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin β -karoten içeriği

	β -Karoten (mg 100 g ⁻¹ KM)
Taze Kavun	4,16 ^a ± 0,24
Kurutma Yöntemi	β -Karoten (mg 100 g ⁻¹ KM)
70°C	0,88 ^b ± 0,07
70 °C + %50 ET	0,21 ^{cf} ± 0,04
70 °C + %100 ET	0,13 ^c ± 0,05
70 °C+ 60 °C BL	0,85 ^b ± 0,04
70 °C+ 70 °C BL	0,77 ^b ± 0,04
70 °C + %0,5 SA	0,59 ^d ± 0,03
70 °C + %1 SA	0,54 ^d ± 0,07
70 °C + %50 US	0,29 ^e ± 0,05
70 °C + %100 US	0,25 ^e ± 0,03

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.54: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin β - karoten ve likopen içeriği

	β -Karoten (mg 100 g ⁻¹ KM)	Likopen (mg 100 g ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	14,40 ^a ± 1,21	37,15 ^a ± 1,70
Kurutma Yöntemi	β -Karoten (mg 100 g ⁻¹ KM)	Likopen (mg 100 g ⁻¹ KM)
70°C	9,27 ^b ± 0,74	13,17 ^b ± 0,79
70 °C + %50 ET	0,39 ^c ± 0,07	10,39 ^c ± 1,08
70 °C + %100 ET	0,37 ^c ± 0,06	4,90 ^d ± 0,84
70 °C+ 60 °C BL	9,14 ^b ± 0,37	15,42 ^b ± 0,89
70 °C+ 70 °C BL	8,24 ^b ± 0,29	14,13 ^b ± 0,91
70 °C + %0,5 SA	8,12 ^b ± 0,25	14,53 ^b ± 1,03
70 °C + %1 SA	8,31 ^b ± 0,28	13,42 ^b ± 0,92
70 °C + %50 US	6,44 ^d ± 0,42	14,48 ^b ± 1,08
70 °C + %100 US	6,29 ^d ± 0,21	14,41 ^b ± 1,04

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.2.4 Kavun ve Karpuz Meyvesinin Toplam Fenolik Madde İçeriği ve Antioksidan Aktivitelerinde Meydana Gelen Değişimler

Kavun ve karpuz meyvelerinin farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulması sonucunda toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitelerinde meydana gelen değişimler Tablo 3.55 ve Tablo 3.56’de verilmiştir. Tablo 3.55 ve 3.56’da görüldüğü gibi, kavun ve karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri etanol ve ultrases ön işlemleri ile önemli derecede azalma göstermiştir ($p < 0,05$). Sıcak suya daldırma ve sitrik asit çözeltisine daldırma ön işlemleri sonucunda meydana gelen değişimler kontrol grubu ile kıyaslandığında istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır ($p > 0,05$). Tez çalışması ile benzer şekilde da Cunha ve diğ. (2020) kavun meyvelerinin etanol çözeltisine daldırılıp, ardından sıcak hava yöntemi ile kurutulması sonucunda toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen kaybın kontrol grubuna kıyasla daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Bunun sebebini ise saf etanol veya etanol:su çözeltisinin fenolik bileşen ekstraksiyonuna sebep olarak çözeltiliye geçişle ilişkilendirmişlerdir. Gomes ve diğ. (2022) Uvaia meyvelerini etanol çözeltisine daldırdıktan sonra sıcak hava yöntemi ile kurutma işlemine tabi tutmuşlardır. Çalışmanın sonunda etanol çözeltisine daldırılan meyvelerin toplam fenolik madde ve antioksidan aktivitelerinin ön işlem uygulanmayan örneklerle kıyasla daha düşük olduğunu, etanol ön işleminin kaybı artırdığını belirlemişlerdir. Rojas ve diğ. (2020) etanol çözeltisine daldırma ön işlemi uygulanan elmaların uygulanmayan örneklerle kıyasla kurutma sonunda daha düşük toplam fenolik madde içeriğine ve antioksidan aktiviteye sahip olduğunu vurgulamıştır. Canteri ve diğ. (2019) etanol çözeltilerinin hücre zarında veya duvarında bulunan fenolik bileşenlerin serbest hale geçmesine olanak tanıdığını bildirmişlerdir. Buna ek olarak Dorta ve diğ. (2012) su ve etanolün fenolik bileşen ve antioksidanların ekstraksiyonunda sıklıkla kullanıldığını belirtmişlerdir. Ayrıca etanolün hücre geçirgenliğini artırdığı daha önceki kısımlarda belirtilmişti. Bu bilgiler ışığında serbest hale geçen fenolik bileşenlerin hücre geçirgenliğinde meydana gelen artış ile etanol çözeltisine geçmektedir. Nitekim Gomes ve diğ. (2022) de benzer şekilde fenolik bileşenlerin etanol çözeltisine geçişinden bahsetmektedir. Buna ek olarak, Vuolo ve diğ. (2019) bağlı formda bulunan fenolik bileşenlerin serbest haldekilere göre daha dayanıklı olduğunu bildirmektedir. Buradan yola çıkarak serbest hale geçen fenolik bileşenlerin kurutmada daha fazla ısı ve oksijene maruz kalması,

bunun sonunda da ısıl parçalanmalarının veya oksidasyonlarının kontrol grubundan daha fazla olması beklenmektedir. Bunun yanı sıra tez çalışmasının sonuçlarına benzer şekilde Mendez ve diğ. (2015) ultrases ön işlemine tabi tuttıkları muz, guava ve mango meyvelerinin sıcak hava yöntemi ile kurutma sonunda toplam fenolik madde içeriğinin ön işlem uygulanmamış örneklere göre daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bunun sebebinin ise akustik kavitason nedeniyle polifenol oksidaz enzimi ile fenolik bileşenler arasındaki temasın artışı ile ilişkilendirmişlerdir. Rodriguez ve diğ. (2014) ultrases ön işlemi uygulanan elmaların toplam fenolik madde ve antioksidan aktivilerinde meydana gelen kaybın kurutma sonunda ön işlem uygulanmamış örneklere kıyasla daha yüksek olduğunu bildirmektedirler. Opalic ve diğ. (2009) ultrases ön işleminin kurutma sonrasında elmaların toplam fenolik madde içeriği ile antioksidan aktivitelerinde kontrol grubuna göre daha fazla kayba sebep olduğunu bildirmişlerdir. Xu ve diğ. (2020) ultrases uygulamasının bitki hücre duvarını yıktığını, bunun sonucunda fenolik bileşenlerin serbest hale geçtiğini bildirmişlerdir. Daha önceki kısımlarda ultrases uygulaması ile sıvı ortamda meydana gelen kavitasyonun önemli derecede serbest radikal oluşumuna sebebiyet verdiği ifade edilmişti. Ayrıca serbest haldeki fenolik bileşenlerin bağlı formlarına kıyasla dayanıklılıkların düşük olduğuna değinilmişti. Bu bilgilerden yola çıkarak, gerek ultrases uygulaması esnasında enzimatik ya da serbest radikal kaynaklı oksidasyon, gerekse ultrases uygulaması sonrasında kurutma esnasında meydana gelen ısıl parçalanma veya oksidasyon toplam fenolik madde içeriğinde meydana gelen azalmaları açıklamaktadır. Ayrıca daha önceki kısımlarda fenolik bileşenler ile antioksidan aktivite arasında pozitif yönlü güçlü bir ilişki olduğu belirtilmişti. Bu ilişkiye dayanarak fenolik bileşen kaybı ile antioksidan aktivite kaybı ilişkilendirilebilir.

Tablo 3.55: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri

	Toplam Fenolik Madde (mg GAE 100 g ⁻¹ KM)	Antioksidan Aktivite (mmol TE 100 g ⁻¹ KM)
Taze Kavun	166,03 ^a ± 9,53	4,44 ^a 0,13
Kurutma Yöntemi	Toplam Fenolik Madde (mg GAE 100 g ⁻¹ KM)	Antioksidan Aktivite (mmol TE 100 g ⁻¹ KM)
70°C	87,82 ^b ± 5,03	2,04 ^b ± 0,14
70 °C + %50 ET	62,49 ^c ± 3,18	1,33 ^c ± 0,11
70 °C + %100 ET	60,90 ^c ± 3,93	1,45 ^c ± 0,14
70 °C+ 60 °C BL	80,35 ^b ± 2,83	2,10 ^b ± 0,17
70 °C+ 70 °C BL	82,81 ^b ± 3,42	2,13 ^b ± 0,11
70 °C + %0,5 SA	79,69 ^b ± 4,44	2,03 ^b ± 0,09
70 °C + %1 SA	83,02 ^b ± 6,13	2,11 ^b ± 0,18
70 °C + %50 US	64,71 ^c ± 4,67	1,96 ^b ± 0,12
70 °C + %100 US	59,15 ^c ± 3,98	1,87 ^b ± 0,14

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.56: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri

	Toplam Fenolik Madde (mg GAE 100 g ⁻¹ KM)	Antioksidan Aktivite (mmol TE 100 g ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	377,15 ^a ± 13,99	4,33 ^a ± 0,23
Kurutma Yöntemi	Toplam Fenolik Madde (mg GAE 100 g ⁻¹ KM)	Antioksidan Aktivite (mmol TE 100 g ⁻¹ KM)
70°C	77,29 ^b ± 7,01	1,46 ^b ± 0,10
70 °C + %50 ET	32,85 ^c ± 6,01	0,65 ^c ± 0,08
70 °C + %100 ET	34,07 ^c ± 4,13	0,66 ^c ± 0,13
70 °C+ 60 °C BL	71,96 ^b ± 4,05	1,34 ^b ± 0,08
70 °C+ 70 °C BL	74,40 ^b ± 2,65	1,29 ^b ± 0,11
70 °C + %0,5 SA	79,89 ^b ± 5,06	1,48 ^b ± 0,11
70 °C + %1 SA	81,49 ^b ± 5,83	1,52 ^b ± 0,71
70 °C + %50 US	28,82 ^c ± 6,93	0,73 ^c ± 0,12
70 °C + %100 US	27,01 ^c ± 5,46	0,64 ^c ± 0,13

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

3.4.2.5 Kavun ve Karpuz Meyvesinde HMF Oluşumu

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun ve karpuz meyvelerinin HMF içerikleri Tablo 3.57 ve Tablo 3.58’de verilmiştir. Uygulanan ön işlemlerin kavun ve karpuz meyvelerinin sıcak hava yöntemi ile kurutulması sonucu oluşan HMF içeriğinde önemli derecede azalmaya neden olduğu

belirlenmiştir. Etanol ve ultrases ön işlemlerinin kavun ve karpuz meyvelerinde önemli düzeyde katı madde kaybına neden olduğu tespit edilmiştir. Ön işlemler uygulanırken oluşabilecek katı madde kaybı esnasında meydana gelen muhtemel şeker kaybı HMF oluşumu için öncü bileşen kaybı olarak kabul edilebilir. Buna bağlı olarak da HMF düzeyinin azalması beklenebilir. Nitekim Fernandes ve Rodrigues (2007) ultrases ön işlemi ile şeker içeriği azaltılmış kuru meyveler elde edilebileceğini bildirmektedirler. Ayrıca HMF oluşumunun önemli etkenlerinden bir tanesinin işlem süresi olduğu ifade edilmişti. Ön işlemlerin kuruma sürelerini kısalttığı düşünüldüğünde, kavun ve karpuz dilimlerinin daha kısa süreli ısıya maruz kaldığı ve HMF içeriğinin azaldığı düşünülebilir. Ön işlemlerin HMF oluşumu üzerine etkisi ile alakalı literatürde kısıtlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Aktaş ve diğ. (2013) sıcak suya daldırma işlemi sonrasında kuruttukları çilek ağacı meyvesinin HMF içeriğinin ön işlem uygulanmamış örneklerle kıyasla daha düşük seviyede tespit edildiğini bildirmiştir. Vardin ve Yılmaz (2018) %0,1 sitrik asit içeren sıcak suya daldırma ön işleminin sıcak hava yöntemi ile kurutulan nar tanelerinin HMF düzeyinde önemli düzeyde azalmaya neden olduğunu vurgulamışlardır.

Tablo 3.57: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş kavun meyvelerinin HMF içerikleri

	HMF (mg kg ⁻¹ KM)
Taze Kavun	0,00 ^a ± 0,00
Kurutma Yöntemi	HMF (mg kg ⁻¹ KM)
70°C	0,54 ^b ± 0,04
70 °C + %50 ET	0,03 ^{ce} ± 0,01
70 °C + %100 ET	0,04 ^{ce} ± 0,02
70 °C+ 60 °C BL	0,08 ^{ce} ± 0,04
70 °C+ 70 °C BL	0,06 ^{ce} ± 0,02
70 °C + %0,5 SA	0,05 ^{ce} ± 0,02
70 °C + %1 SA	0,06 ^{ce} ± 0,03
70 °C + %50 US	0,08 ^e ± 0,03
70 °C + %100 US	0,05 ^{ce} ± 0,01

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

Tablo 3.58: Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulmuş karpuz meyvelerinin HMF içerikleri

	HMF (mg kg ⁻¹ KM)
Taze Karpuz	0,00 ^a ± 0,00
Kurutma Yöntemi	HMF (mg kg ⁻¹ KM)
70°C	7,39 ^b ± 0,06
70 °C + %50 ET	5,27 ^c ± 0,10
70 °C + %100 ET	5,97 ^d ± 0,07
70 °C+ 60 °C BL	3,65 ^e ± 0,06
70 °C+ 70 °C BL	4,13 ^f ± 0,03
70 °C + %0,5 SA	3,72 ^g ± 0,05
70 °C + %1 SA	3,75 ^g ± 0,07
70 °C + %50 US	2,97 ^h ± 0,09
70 °C + %100 US	2,24 ⁱ ± 0,05

* Aynı sütunda bulunan farklı harfler istatistiksel olarak farklılık anlamına gelmektedir (p<0,05)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tez çalışması kapsamında Denizli'nin Acıpayam ilçesine bağlı Akalan mahallesinden temin edilmiş olan kavun ve karpuz örnekleri farklı kurutma yöntemleri ve farklı ön işlemler uygulanarak kurutulmuş, ürünlerin kuruma karakteristikleri, rehidrasyon yetenekleri, büzüşme oranları, renk özellikleri ve kuruma süreçlerinde kimyasal bileşimde meydana gelen değişimler incelenmiştir. Literatürde kavun ve karpuz meyvesinin zirai olarak yetiştirilmesi ile alakalı önemli düzeyde kaynak bulunurken, kurutulması sonucunda yukarıda bahsi geçen özellikler ve değişimlere ilişkin kaynak sayısı oldukça yetersizdir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların hem ülkemizde hem de dünyada yetiştirilen kavun ve karpuz meyvelerinin kurutulması ve bu süreçte meydana gelen değişimler noktasında literatüre önemli derecede katkı yapacağı düşünülmektedir.

Farklı kurutma teknikleri ile kurutmada kullanılan sıcak hava, vakum kurutma, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinde sıcaklıkta ve/veya mikrodalga gücünde meydana gelen artışın efektif difüzyon katsayısını artırdığı ve kurumayı hızlandırdığı tespit edilmiştir. Matematiksel modelleme açısından ise sıcak hava ve vakum kurutma yöntemi ile kurutulan örneklerin kuruma eğrileri en iyi Parabolik modele uygunluk gösterirken, mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga yöntemi ile kurutulanlar en iyi Page model ile tanımlanmıştır. Bu modeller benzer kurutma şartları uygulandığında deneme yapılmadan kurutmanın tamamlanacağı sürenin belirlenmesi açısından önem arz etmektedir. Ayrıca sıcak hava ve vakum yönteminde sabit hızda ve azalan hızda kuruma periyotları belirlenirken, mikrodalga veya sıcak-hava mikrodalga yöntemi uygulanan örneklerde ısınma, sabit hızda ve azalan hızda kuruma periyodu olarak 3 periyot belirlenmiştir. Bununla beraber kurumanın yavaşladığı azalan hızda kuruma periyodunun mikrodalga yardımı ile önemli düzeyde kısaldığı belirlenmiştir. Bu da uygun mikrodalga gücü seçimi ile ürünlerin kuruma hızlarında artış sağlanabileceğini göstermektedir.

Kavun ve karpuz meyvelerinde kuruma süresi ve hızı açısından en iyi performanslar 80 °C + 200 W sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemi ve 300 W güçte mikrodalga ile kurutma ile elde edilmiştir. Ancak bu iki yöntem süreyi oldukça kısaltsa da ürün yüzeyinde önemli düzeyde yanık oluşumuna sebep olmuştur. Buna ek

olarak her iki meyvede de sıcak hava kurutma yönteminin renk özelliklerini yüksek düzeyde koruduğu görülmüştür. Özellikle mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga yöntemi ile kurutulan kavun meyvelerinde karpuz meyvesine kıyasla toplam renk değişimi değerinin (ΔE) oldukça yüksek olduğu, açık renkli bir ürün olmasından ötürü kavun meyvelerinin renk yönünden karpuz meyvelerine göre daha çok etkilendiği görülmektedir.

Kurutulmuş ürünlerdeki diğer önemli fiziksel özellikler ise rehidrasyon yeteneği ve büzüşme oranıdır. Bu anlamda sıcaklık ve mikrodalga gücünde meydana gelen artışların ürünlerin rehidrasyon yeteneğini geliştirdiği ve büzüşme oranlarını azalttığı belirlenmiştir. Ancak uygun kurutma yönteminin belirlenmesi için özellikle diğer fiziksel özelliklerle beraber değerlendirme yapılmalıdır. Bu bağlamda her iki meyve için de kuruma süresi-renk değişimi-rehidrasyon yeteneği-büzüşme oranı yönünden en iyi kurutma yöntemi olarak 80 °C'de sıcak hava kurutma yöntemi önerilebilir.

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun ve karpuz meyvelerinin efektif difüzyon katsayıları ve kuruma hızları ön işlem uygulamaları ile artış göstermiştir. Ön işlemler azalan hızda kuruma periyodunda geçen süreyi kısaltmış, böylece kurumanın hızlanmasını sağlamıştır. Ön işlem uygulanmış ve uygulanmamış kavun ve karpuz örneklerinin kuruma eğrileri en iyi Parabolik modele uyum göstermiştir. Kavun meyvesi için kuruma süresi ve hızı yönünden en iyi ön işlemlerin %100 etanol çözeltisine ve 70 °C'de sıcak suya daldırma olduğu, karpuz meyvesi açısından ise uygun ön işlemlerin %100 etanol ve 70 °C'de sıcak suya daldırmaya ek olarak %100 ultrases gücü uygulaması olduğu belirlenmiştir. Ancak her ön işlem renk özellikleri, rehidrasyon yeteneği ve büzüşme oranı açısından önemli değişimlere sebep olmuştur. Bu anlamda kavun meyvesinde 70 °C'de sıcak suya daldırılan örneklerin toplam renk değişiminin en düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Bununla beraber karpuz meyvesinde %50 etanol çözeltisine daldırma, %0,5 ve %1 sitrik asit çözeltisine daldırma ve %100 ve %50 ultrases ön işlemi uygulanan örnekler ΔE değeri için sınır değer olarak belirlenen 5 değerinin altında kalarak en iyi sonuçları vermiştir. Buna ek olarak sıcak suya daldırma işlemi ise sınır değerini önemli düzeyde aşmamıştır.

Diğer yandan ön işlemlerin kavun ve karpuz meyvelerinin rehidrasyon yeteneklerini geliştirdiği ve büzüşme oranlarını azalttığı belirlenmiş olup, genel anlamda ön işlemler arasında fark bulunmamıştır. Bu değerlendirmelerden yola çıkarak kuruma süresi-renk değişimi-rehidrasyon yeteneği-büzüşme oranı açısından kavun meyveleri için 70 °C’de sıcak suya daldırma ön işlemi önerilirken, karpuz meyveleri için ise %100 ultrases ve 70 °C’de sıcak suya daldırma ön işlemi önerilmektedir.

Tez çalışmasında kavun ve karpuz meyvelerinin organik asit, askorbik asit, glikoz, fruktoz, β-karoten, likopen, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktiviteleri ile kurutma işlemlerine bağlı olarak bu bileşenlerin değişimi ve HMF oluşumu araştırılmıştır. Kavun ve karpuz meyvelerinin glikoz ve fruktoz içeriğinin yüksek olduğu ayrıca biyoaktif özellik yönünden askorbik asit, β-karoten, likopen, toplam fenolik madde içeriğinin zengin meyveler olduğu tespit edilmiştir. Buna ek olarak her iki meyvenin de önemli düzeyde antioksidan aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir. Kavun ve karpuz meyvelerinin önemli düzeyde biyoaktif bileşenlere sahip olmasından dolayı tüketimlerinin insan sağlığı açısından önemli olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

Farklı kurutma yöntemlerinin kavun ve karpuz meyvelerinin kimyasal bileşiminde önemli düzeyde değişime sebep olduğu belirlenmiştir. Her iki meyvenin de organik asit içeriğinde farklı kurutma yöntemleri sonucunda değişim belirlenmemiş olmasına rağmen glikoz, fruktoz, askorbik asit, β-karoten, likopen, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite yönünden önemli düzeyde azalmalar meydana gelmiştir. Farklı kurutma işlemi uygulanan tüm örneklerin glikoz ve fruktoz içeriği taze örneklere kıyasla daha düşük tespit edilmiştir. Farklı kurutma yöntemlerinde gerek sıcaklık gerekse mikrodalga gücünde meydana gelen artışlar askorbik asit içeriğinde meydana gelen kayıpları artırmıştır. Bunun yanı sıra kavun ve karpuz meyvelerinde sıcaklık artışı ile β-karoten ve likopen kaybının azaldığı tespit edilmiştir. Kavun meyvesinde mikrodalga uygulaması β-karoten kaybını artırırken, karpuz meyvesinde önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Kavun meyvesi için β-karoten’in en iyi korunduğu yöntem 80 °C’de sıcak hava yöntemi ile kurutma olarak belirlenirken, karpuz meyvesinde 80 °C’ye ek olarak 80 °C’de vakum, 200 W ve 300 W mikrodalga gücü ile kurutma olarak tespit edilmiştir. Ayrıca karpuz meyvesinin

likopen içeriğinde en az kaybın 80 °C’de sıcak hava yöntemi ile kurutma sonucunda gerçekleştiği görülmüştür. Bunun yanı sıra farklı kurutma yöntemleri sonucunda kavun ve karpuz meyvelerinin toplam fenolik madde içeriğinde de kayıplar meydana gelmiştir. Mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemleri ile kurutma sonucunda meydana gelen kayıpların sıcak hava ve vakum kurutma yöntemlerine kıyasla daha düşük olduğu belirlenmiştir. Ayrıca sıcaklık artışının meydana gelen kayıplar üzerine önemli bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Buna ek olarak farklı kurutma yöntemleri sonucunda antioksidan aktivitede meydana gelen kayıpların sıcaklık ve mikrodalga gücünde meydana gelen artış ile azaldığı belirlenmiştir.

Isıl işlemin bir göstergesi olarak kabul edilen HMF farklı kurutma işlemleri sonucunda her iki meyvede de tespit edilmiştir. Kurutma sıcaklığında ve/veya mikrodalga gücünde meydana gelen artışın kavun ve karpuz meyvelerinde HMF oluşumunu önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir. Mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemleri ile kurutulan örneklerin HMF düzeyi sıcak hava veya vakum kurutma ile kurutulan örneklere göre daha yüksek bulunmuştur. Tez içerisinde HMF için sınır değerlerin balda 40 mg kg⁻¹, meyve sularında ise 20 mg kg⁻¹ olduğu ifade edilmişti. Kavun meyvesinde bu değerlerden uzak HMF oluşumu gerçekleştiği, kavun meyvesinin aksine karpuz meyvesinde bu değerleri oldukça aştığı tespit edilmiştir.

Özetle farklı kurutma yöntemleri ile organik asit içeriği değişmemiş, glikoz, fruktoz ve askorbik asit içeriği önemli düzeyde azalmıştır. β-karoten, likopen, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivite bakımından mikrodalga veya sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinin daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. Ancak, bu yöntemlerde yüksek HMF ve yanık oluşumu ile olumsuz renk değişimi gibi etkenler de göz önünde bulundurulduğunda; mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinin ardından en iyi sonucu veren 80 °C’de sıcak hava ile kurutma yöntemi biyoaktif bileşenlerin korunumu-düşük düzeyde HMF oluşumu-kurutma süresi-renk değişimi-rehidrasyon yeteneği-büzüşme oranı yönünden çalışma sonunda uygun kurutma yöntemi olarak önerilmektedir.

Farklı ön işlemler uygulanarak sıcak hava yöntemi ile kurutulan kavun ve karpuz örneklerinin kimyasal bileşiminde önemli değişimler olduğu belirlenmiştir.

Sitrik asit çözeltilisine daldırılan örneklerin sitrik asit içeriğinde artış meydana geldiği belirlenirken, malik asit ve tartarik asit düzeyinde azalmalar meydana geldiği gözlenmiştir. Benzer şekilde ön işlem uygulamasının örneklerin glikoz ve fruktoz içeriğinde önemli düzeyde azalmaya sebep olduğu belirlenmiştir. Bunun yanı sıra tüm ön işlemler askorbik asit içeriğinde önemli derece kayba sebebiyet vermiş olup, en yüksek kaybın ultrases ön işlemi sonucu gerçekleştiği görülmüştür. Diğer bir yandan karotenoid grubu bileşenlerden olan β -karoten ve likopende meydana gelen en yüksek kaybın çözünürlük özellikleri sebebiyle etanol çözeltilisine daldırma sonucunda meydana geldiği görülmüştür. Bunun yanı sıra ultrases ön işleminin de etanol çözeltilisine daldırma kadar olmasa da kaybı artırdığı belirlenmiştir. Bunlara ek olarak toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitede ön işlemlere bağlı olarak önemli düzeyde kayıp meydana geldiği, en yüksek kayıpların etanol çözeltilisine daldırma ve ultrases uygulaması sonucu meydana geldiği tespit edilmiştir. Ayrıca sıcak suya daldırma ön işlemleri ile β -karoten, likopen, toplam fenolik madde içeriği ve antioksidan aktivitenin korunduğu belirlenmiştir. Tüm bunların yanı sıra ön işlem uygulamasının ürünlerde oluşan HMF düzeyini önemli derecede azalttığı gözlenmiştir. Genel anlamda besleyici özellik açısından değerlendirme yapıldığında sıcak suya daldırma ön işleminin biyoaktif bileşenlerin kaybı üzerine önemli bir etkisi olmadığı sonucu ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak kuruma süresi-renk değişimi-rehidrasyon yeteneği-büzüşme oranı diğer önemli parametreler de göz önünde bulundurulduğunda her iki meyve için de 70 °C’de sıcak suya daldırma ön işlemi önerilmektedir.

Tez çalışması sonunda farklı kurutma teknikleri içerisinde sıcak hava yönteminin yanı sıra mikrodalga ve sıcak hava-mikrodalga kombine yöntemlerinin umut vaat eden yöntemler olduğu görülmüştür. Ancak bu yöntemlerin önemli düzeyde renk değişimi, yanık oluşumu, besleyici özellikte kayıplar ve HMF oluşumu gibi dezavantajları bulunmaktadır. Çeşitli akademik çalışmalar yapılarak farklı mikrodalga gücü ve/veya farklı sıcaklık-farklı mikrodalga gücü gibi parametrelerin değişik kombinasyonları ile bu dezavantajlar giderilmeye çalışılması ileride yapılacak bilimsel çalışmalar için öneri niteliği taşımaktadır. Farklı ön işlemler açısından bakıldığında yeni teknikler olan ultrases ve etanol uygulamasının kullanım potansiyelinin olduğu, ancak özellikle önemli düzeyde biyoaktif bileşen kaybına neden olmalarından ötürü bu sorunların giderilmesi amacıyla bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulduğu görülmüştür. Hem farklı kurutma teknikleri hem de ön işlemler açısından sorunların

giderilmesi halinde ise yöntemlerin optimizasyon çalışmalarının yapılması önerilmektedir.

5. KAYNAKLAR

- Abbaspour-Gilandeh, Y., Kaveh, M., Fatemi, H., Khalife, E., Witrowa-Rajchert, D., and Nowacka, M., "Effect of pretreatments on convective and infrared drying kinetics, energy consumption and quality of terebinth", *Appl. Sci.*, 11 (16), 7672, (2021).
- Adiletta, G., Warshamana Dewayalage, C., Senadeera, W., Russo, P., Crescitelli, A., and Di Matteo, M., "Dehydration and rehydration characteristics of pretreated pumpkin slices", *Ital. J. Food Sci.*, 30 (4), 684-706, (2018).
- Aghilinategh, N., Rafiee, S., Gholikhani, A., Hosseinpour, S., Omid, M., Mohtasebi, S. S., and Maleki, N., "A comparative study of dried apple using hot air, intermittent and continuous microwave: evaluation of kinetic parameters and physicochemical quality attributes", *Food Sci. Nutr.*, 3 (6), 519-526, (2015).
- Aguiló-Aguayo, I., Soliva-Fortuny, R., and Martín-Belloso, O., "Impact of high-intensity pulsed electric field variables affecting peroxidase and lipoxygenase activities of watermelon juice", *LWT-Food Sci. Technol.*, 43 (6), 897-902, (2010).
- Ahmed, I. A. M., Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., Babiker, E. E., Ghafoor, K., Osman, M. A., Salih, H. A., "A comparative study of bioactive compounds, antioxidant activity and phenolic compounds of melon (*Cucumis melo* L.) slices dehydrated by oven, microwave and infrared systems", *J. Food Process. Preserv.*, 45(7), e15605, (2021).
- AİTOM, 2015. Ankara İl Tarım ve Orman Müdürlüğü. <https://ankara.tarimorman.gov.tr/Belgeler/liftet/Kavun%20Yeti%C5%9Ftiricili%C4%9Fi.pdf>. Erişim 26 Temmuz 2022.
- Akar, G., and Barutçu Mazı, I., "Color change, ascorbic acid degradation kinetics, and rehydration behavior of kiwifruit as affected by different drying methods", *J. Food Process Eng.*, 42(3), e13011, (2019).
- Akbulut, A., Halit, A. R. A. T., ve Arslan, O., "Döner Tepsili Kabin Tipi Kurutucuda Kavunun Kuruma Karakteristiğinin İncelenmesi", *Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 594-604, (2019).
- Aktaş, M., Şevik, S., Amini, A. and Khanlari, A., "Analysis of drying of melon in a solar heat recovery assisted infrared dryer", *Sol Energy*, 137, 500-515, (2016).
- Aktaş, T., Orak, H. H., Şahin, F. H., and Ekinci, N., "Effects of different drying methods on drying kinetics and color parameters of strawberry tree (*Arbutus unedo* L.) fruit", *Tekirdağ J. Fac. Agric.*, 10 (2), 1-12, (2013).
- Akyıldız, A., Polat, S., ve Ağçam, E., "Konveksiyonel ve Dondurarak Kurutma Yöntemlerinin Karpuzun Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi", *Gıda*, 42 (2), 169-176, (2017).

- Alabboud, M., Kalantari, S. and Soltani, F., “Novel models to predict stored melon fruit marketability using convolutional neural networks”, *J Ambient Intell Humaniz Comput*, 1-9, (2022).
- Albuquerque, B., Lidon, F. C., and Barreiro, M. G., “A case study on the flavor properties of melon (*Cucumis melo* L.) cultivars”, *Fruits*, 61 (5), 333-339, (2006).
- Ali, M. A., Yusof, Y. A., Chin, N. L., and Ibrahim, M. N., “Effect of different drying treatments on colour quality and ascorbic acid concentration of guava fruit”, *Int. Food Res. J.*, 23,155-161, (2016).
- Altemimi, A., Aziz, S. N., Al-Hilphy, A. R., Lakhssassi, N., Watson, D. G. and Ibrahim, S. A. “Critical review of radio-frequency (RF) heating applications in food processing”, *Food Qual Saf*, 3(2), 81-91, (2019).
- Amiri, M., Tavakolipour, H. and Gharehyakheh, S., “Modeling of melon drying by application of microwave using mamdani fuzzy inference system”, *Eur J Exp Biol*, 4 (1), 44–52, (2014).
- Apar, D. K., Demirhan, E., ÖZBEK, B., and Dadali, G., “Rehydration kinetics of microwave-dried okras as affected by drying conditions”, *J. Food Process. Preserv.*, 33 (5), 618-634, (2009).
- Aral, S., and Beşe, A. V., “Convective drying of hawthorn fruit (*Crataegus* spp.): Effect of experimental parameters on drying kinetics, color, shrinkage, and rehydration capacity”, *Food Chem.*, 210, 577-584, (2016).
- Athmaselvi, K. A., Kumar, C., and Poojitha, P., “Influence of temperature, voltage gradient and electrode on ascorbic acid degradation kinetics during ohmic heating of tropical fruit pulp”, *J. Food Measur. Charact.*, 11(1), 144-155, (2017).
- Aydogdu, A., Sumnu, G., and Sahin, S., “Effects of microwave-infrared combination drying on quality of eggplants”, *Food Bioprocess Technol.*, 8 (6), 1198-1210, (2015).
- Azadbakht, M., Darvishi, H., Rezaeiasl, A., and Asghari, A., “Thin layer drying characteristics and modeling of melon slices (*Cucumismelo*)”, *J. Agric. Technol.*, 8 (6), 1867-1880, (2012).
- Azimi-Nejadian, H., Hoseini, S. S., “Study the effect of microwave power and slices thickness on drying characteristics of potato”, *Heat Mass. Transf.*, 55 (10), 2921–2930, (2019).
- Balzarini, M. F., Reinheimer, M. A., Ciappini, M. C., and Scenna, N. J., “Comparative study of hot air and vacuum drying on the drying kinetics and physicochemical properties of chicory roots”, *J. Food. Sci. Tehcnol.*, 55 (10), 4067-4078, (2018).
- Barba, A. A., d Amore, M., Rispol, M., Marra, F., and Lamberti, G., “Microwave assisted drying of banana: effects on reducing sugars and polyphenols contents”, *Czech J. Food Sci.*, 32 (4), 369-375, (2014).

Basse, E. J., Cheng, J. H. and Sun, D. W., “Novel nonthermal and thermal pretreatments for enhancing drying performance and improving quality of fruits and vegetables”, *Trends Food Sci Technol*, 112, 137-148, (2021).

Batu, H.S., “Karayemiş meyvesinin reçel ile marmelata işlenebilirliğinin ve bazı parametrelerin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Tunceli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tunceli, (2015).

Bayraktar, K., “İhracata elverişli önemli kavun çeşitlerimizin özellikleri ile ihracat imkanları üzerinde ön araştırma”, *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9-12, 121-136, (1972).

Baysal, T. ve F. İçier, Gıda Mühendisliğine Giriş, Nobel Akademik Yayınevi, (2015).

Beigi, M., “Hot-air drying of apple slices: dehydration characteristics and quality assessment”, *Heat Mass Transf.*, 52 (8), 1435–1442, (2016).

Berdiyev, M., Arslan, D. and Özcan, M. M., “Nutritional composition, microbiological and sensory properties of dried melon: A traditional Turkmen product”, *Int J Food Sci Nutr*, 60(1), 60–68, (2009).

Béttega, R., Rosa, J. G., Corrêa, R. G., and Freire, J. T., “Comparison of carrot (*Daucus carota*) drying in microwave and in vacuum microwave”, *Braz. J. Chem. Eng.*, 31, 403-412, (2014).

Bhargava, N., Mor, R. S., Kumar, K., and Sharanagat, V. S., “Advances in application of ultrasound in food processing: A review”, *Ultrason. Sonochem.*, 70, 105293, (2021).

Bhatkar, N. S., Shirkole, S. S., Mujumdar, A. S., and Thorat, B. N., “Drying of tomatoes and tomato processing waste: a critical review of the quality aspects”, *Drying Technol.*, 39(11), 1720-1744, (2021).

Bianchi, G., Rizzolo, A., Grassi, M., Provenzi, L. and Scalzo, R. L., “External maturity indicators, carotenoid and sugar compositions and volatile patterns in ‘CuoreDolce®’ and ‘Rugby’ mini-watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb) Matsumura & Nakai) varieties in relation of ripening degree at harvest”, *Postharvest Biol Technol*, 136, 1-11. (2018).

Bouaziz, A., Djidel, S., Bentaher, A. and Khennouf, S., “Polyphenolic content, antioxidant and anti-inflammatory activities of melon (*Cucumis melo* L. var. *inodorus*) Seeds”, *J Drug Deliv Ther*, 10(2-s), 22–26, (2020).

Bozkir, H. and Ergün, A. R. “Effect of sonication and osmotic dehydration applications on the hot air drying kinetics and quality of persimmon”, *LWT-Food Sci Technol*, 131, 109704, (2020).

Bozkir, H., Rayman Ergün, A., Tekgül, Y., and Baysal, T., “Ultrasound as pretreatment for drying garlic slices in microwave and convective dryer”, *Food Sci. Biotechnol.*, 28 (2), 347-354, (2019).

Brandão, S. C., Diniz, G. F., da Silva, J. H., da Silva, E. S., de Medeiros, R. A., and Azoubel, P. M., “Ultrasound-Assisted Vacuum Drying of Melon: Influence on Kinetics, Water Activity and Color”, (eds: Bhimanagouda S. Patil, Nitin Dhowlaghar, Jashbir Singh, Syamkumar S. Pillai), *Melon Breeding and Genetics: Developments in Food Quality & Safety*, USA: ACS Publications, 127-136, (2022).

Butnariu, M., “Methods of analysis (extraction, separation, identification and quantification) of carotenoids from natural products”, *J. Ecosyst. Ecography*, 6 (2), 1-9, (2016).

Calín-Sánchez, Á., Lipan, L., Cano-Lamadrid, M., Kharaghani, A., Masztalerz, K., Carbonell Barrachina, Á. A. and Figiel, A., “Comparison of traditional and novel drying techniques and its effect on quality of fruits, vegetables and aromatic herbs”, *Foods*, 9(9), 1261, (2020).

Can, Z., “Biyoaktiviteleri yönünden Türkiye florasına ait baskın ballar ile Manuka ballarının karşılaştırılması”, Doktora Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Biyoteknolojisi Anabilim Dalı, Trabzon, (2014).

Canteri, M. H., Renard, C. M., Le Bourvellec, C., and Bureau, S., “ATR-FTIR spectroscopy to determine cell wall composition: Application on a large diversity of fruits and vegetables”, *Carbohydr. Polym.*, 212, 186-196, (2019).

Carvalho, G. R., Rojas, M. L., Silveira, I., and Augusto, P. E. D., “Drying accelerators to enhance processing and properties: Ethanol, isopropanol, acetone and acetic acid as pre-treatments to convective drying of pumpkin”, *Food Bioprocess Technol.*, 13 (11), 1984-1996, (2020).

Cemeroğlu, B.S., *Gıda Analizleri*, Ankara: Bizim Grup Basımevi, (2013^b).

Cemeroğlu, B.S., *Meyve ve Sebze İşleme Teknolojisi*, Ankara: Bizim Grup Basımevi, (2013^a).

Choudhary, B. R., Haldhar, S. M., Maheshwari, S. K., Bhargava, R. and Sharma, S. K., “Phytochemicals and antioxidants in watermelon (*Citrullus lanatus*) genotypes under hot arid region”, *Indian J Agric Sci*, 85, 414–417, (2015).

Chaikham, P., Kreungngern, D., and Apichartsrangkoon, A., “Combined microwave and hot air convective dehydration on physical and biochemical qualities of dried longan flesh”, *Int. Food Res. J.*, 20 (5), 2145-2151, (2013).

Chang, A., Zheng, X., Xiao, H., Yao, X., Liu, D., Li, X., and Li, Y., “Short-and medium-wave infrared drying of cantaloupe (*Cucumis melon* L.) slices: Drying kinetics and process parameter optimization”, *Processes*, 10 (1), 114, (2022).

Che Sulaiman, I. S., Basri, M., Fard Masoumi, H. R., Chee, W. J., Ashari, S. E., and Ismail, M., “Effects of temperature, time, and solvent ratio on the extraction of phenolic compounds and the anti-radical activity of *Clinacanthus nutans* Lindau leaves by response surface methodology”, *Chem. Cent. J.*, 11 (1), 1-11, (2017).

- Chouaibi, M., Snoussi, A., Attouchi, S., and Ferrari, G., “Influence of drying processes on bioactive compounds profiles, hydroxymethylfurfural, color parameters, and antioxidant activities of Tunisian eggplant (*Solanum melongena* L.),” *J. Food Process. Preserv.*, 45 (6), e15460, (2021).
- Choudhary, A., Kumar, V., Kumar, S., Majid, I., Aggarwal, P., and Suri, S., “5-Hydroxymethylfurfural (HMF) formation, occurrence and potential health concerns: Recent developments”, *Toxin Rev.*, 40 (4), 545-561, (2021).
- Ciurzyńska, A., Falacińska, J., Kowalska, H., Kowalska, J., Galus, S., Marzec, A. and Domian, E., “The effect of pre-treatment (blanching, ultrasound and freezing) on quality of freeze dried red beets”, *Foods*, 10(1), 132, (2021).
- Clemens, R. A., Jones, J. M., Kern, M., Lee, S. Y., Mayhew, E. J., Slavin, J. L., and Zivanovic, S., “Functionality of sugars in foods and health”, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 15(3), 433-470, (2016).
- Concurso, C., Verzera, A., Dima, G., Tripodi, G., Crinò, P., Paratore, A., and Romano, D., “Effects of different rootstocks on aroma volatile compounds and carotenoid content of melon fruits”, *Sci. Hortic.*, 148, 9-16, (2012).
- Conesa, A., Manera, F. C., Brotons, J. M., Fernandez-Zapata, J. C., Simón, I., Simón-Grao, S., Alfosea-Simón, M., Martínez Nicolás, J. J., Valverde, J. M., and García-Sanchez, F., “Changes in the content of chlorophylls and carotenoids in the rind of Fino 49 lemons during maturation and their relationship with parameters from the CIELAB color space”, *Sci. Hortic.*, 243, 252-260, (2019).
- Crank, J., *The Mathematics of Diffusion*. UK, Oxford: Clarendon Press, (1975).
- Cui, Z. W., Xu, S. Y., and Sun, D. W., “Effect of microwave-vacuum drying on the carotenoids retention of carrot slices and chlorophyll retention of Chinese chive leaves”, *Drying Technol.*, 22 (3), 563-575, (2004).
- Çelen, S., “Effect of microwave drying on the drying characteristics, color, microstructure, and thermal properties of Trabzon persimmon”, *Foods*, 8 (2), 84, (2019).
- da Cunha, R. M. C., Brandão, S. C. R., de Medeiros, R. A. B., da Silva Júnior, E. V., da Silva, J. H. F., Azoubel, P. M., “Effect of ethanol pretreatment on melon convective drying”, *Food Chem.*, 333, 127502, (2020).
- da Silva Junior, E. V., de Melo, L. L., de Medeiros, R. A. B., Barros, Z. M. P., and Azoubel, P. M., “Influence of ultrasound and vacuum assisted drying on papaya quality parameters”, *LWT-Food Sci. Technol.*, 97, 317-322, (2018).
- da Silva, G. D., Barros, Z. M. P., de Medeiros, R. A. B., de Carvalho, C. B. O., Brandão, S. C. R., and Azoubel, P. M., “Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum”, *LWT--Food Sci. Technol.*, 74, 114-119, (2016).

- da Silva, G. D., Barros, Z. M. P., de Medeiros, R. A. B., de Carvalho, C. B. O., Brandão, S. C. R., and Azoubel, P. M., “Pretreatments for melon drying implementing ultrasound and vacuum”, *LWT-Food Sci. Technol.*, 74, 114-119, (2016).
- Dadali, G., and Özbek, B., “Kinetic thermal degradation of vitamin C during microwave drying of okra and spinach”, *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 60 (1), 21-31, (2009).
- Dadali, G., Demirhan, E., and Özbek, B., “Effect of drying conditions on rehydration kinetics of microwave dried spinach”, *Food Bioprod. Process.*, 86 (4), 235-241, (2008).
- Dadan, M., and Nowacka, M., “The assessment of the possibility of using ethanol and ultrasound to design the properties of dried carrot tissue”, *Appl. Sci.*, 11 (2), 689, (2021).
- Delfiya, D. A., Prashob, K., Murali, S., Alfiya, P. V., Samuel, M. P. and Pandiselvam, R., “Drying kinetics of food materials in infrared radiation drying: A review”, *J Food Process Eng*, 45(6), e13810, (2022).
- Delgado, A. M., Issaoui, M., and Chammem, N., “Analysis of main and healthy phenolic compounds in foods”, *J. AOAC Int.*, 102 (5), 1356-1364, (2019).
- Demir, B., “Aljnat Bazlı Yenilebilir Film Uygulamalarının Minimal İşlem Görmüş Kavun Dilimlerinin Raf Ömrüne Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Tokat*, (2019).
- Demiray, E., “Kurutma işleminde domatesin likopen, β -karoten, askorbik asit ve renk değişim kinetiğinin belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli*, (2009).
- Demiray, E., and Tulek, Y., “Rehydration kinetics of sun-dried eggplants (*Solanum melongena* L.) at different temperatures”, *Akademik Gıda*, 16 (3), 257-263, (2018).
- Demiray, E., Seker, A., and Tulek, Y., “Drying kinetics of onion (*Allium cepa* L.) slices with convective and microwave drying”, *Heat Mass Transf.*, 53 (5), 1817-1827, (2017).
- Demiray, E., Tulek, Y., and Yilmaz, Y., “Degradation kinetics of lycopene, β -carotene and ascorbic acid in tomatoes during hot air drying. *LWT-Food Sci. Technol.*, 50 (1), 172-176, (2013).
- Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Zhang, Q., Yang, X. H., Wang, J., Zheng, Z. A., Gao, Z. J., Xiao, H. W. “Chemical and physical pretreatments of fruits and vegetables: Effects on drying characteristics and quality attributes—a comprehensive review”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 59 (9), 1408-1432, (2019).

- Denglin, L., Juan, L., Yunhong, L., and Guangyue, R., “Drying characteristics and mathematical model of ultrasound assisted hot-air drying of carrots”, *Int. J. Agric. Biol. Eng.*, 8 (4), 124-132, (2015).
- Dinçer, İ. and Zamfirescu, C., *Drying phenomena: theory and applications*. John Wiley & Sons, 512, USA, (2016).
- Dorta, E., Lobo, M. G., and Gonzalez, M., “Reutilization of mango byproducts: study of the effect of extraction solvent and temperature on their antioxidant properties”, *J. Food Sci.*, 77 (1), 80-88, (2012).
- Doymaz, I., “Effect of blanching temperature and dipping time on drying time of broccoli”, *Food Sci. Technol. Int.*, 20 (2), 149-157, (2014).
- Doymaz, I., “Impact of citric acid on the drying characteristics of kiwifruit slices”, *Acta Scientiarum. Technol.*, 42, (2020).
- Doymaz, İ., “Drying kinetics, rehydration and colour characteristics of convective hot-air drying of carrot slices”, *Heat Mass Transf.*, 53 (1), 25-35, (2017).
- Doymaz, İ., and Bilici, B., “Influence of citric acid pretreatment on drying of peach slices”, *Int. J. Food Eng.*, 10 (4), 829-837, (2014).
- Doymaz, İ., and Özdemir, Ö., “Effect of air temperature, slice thickness and pretreatment on drying and rehydration of tomato”, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 49 (2), 558-564, (2014).
- Doymaz, İ., and Sahin, M., “Effect of temperature and pre-treatment on drying and rehydration characteristics of broccoli slices”, *J. Food Meas. Charact.*, 10 (2), 364-373, (2016).
- Doymaz, İ., Demir, H., and Yildirim, A., “Drying of quince slices: effect of pretreatments on drying and rehydration characteristics”, *Chem. Eng. Commun.*, 202 (10), 1271-1279, (2015).
- Edwards, A. J., Vinyard, B. T., Wiley, E. R., Brown, E. D., Collins, J. K., Perkins-Veazie, P., Baker, R. A., and Clevidence, B. A., “Consumption of watermelon juice increases plasma concentrations of lycopene and β -carotene in humans”, *J. Nutr.*, 133 (4), 1043-1050, (2003).
- Egbonu, A. C. C., “Comparative assessment of some mineral, amino acid and vitamin compositions of watermelon (*Citrullus lanatus*) rind and seed”, *Asian J. Biochem.*, 10 (5), 230-236, (2015).
- Eggersdorfer, M., and Wyss, A., “Carotenoids in human nutrition and health”, *Arch. Biochem. Biophys.*, 652, 18-26, (2018).
- Ekezie, F. G. C., Sun, D. W., Han, Z., and Cheng, J. H., “Microwave-assisted food processing technologies for enhancing product quality and process efficiency: A review of recent developments”, *Trends Food Sci Technol*, 67, 58-69, (2017).

Erbay, Z., and Icier, F., “A review of thin layer drying of foods: theory, modeling, and experimental results”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 50 (5), 441-464, (2010).

Ertekin Filiz, B., and Seydim, A. C., “Kinetic changes of antioxidant parameters, ascorbic acid loss, and hydroxymethyl furfural formation during apple chips production”, *J. Food Biochem.*, 42 (6), e12676, (2018).

Ertekin, C., and Firat, M. Z., “A comprehensive review of thin-layer drying models used in agricultural products”, *Crit Rev Food Sci Nutr*, 57(4), 701-717, (2017).

Esparza, I., Cimminelli, M. J., Moler, J. A., Jiménez-Moreno, N., and Ancín-Azpilicueta, C., “Stability of phenolic compounds in grape stem extracts”, *Antioxidants*, 9 (8), 720, (2020).

Falade, K. O., Igbeka, J. C. and Ayanwuyi, F. A., “Kinetics of mass transfer, and colour changes during osmotic dehydration of watermelon”, *J Food Eng*, 80(3), 979-985, (2007).

FAOSTAT, (5 June 2022), <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>, (2022).

Feng, L., Xu, Y., Xiao, Y., Song, J., Li, D., Zhang, Z., Liu, C., Liu, C., Jiang, N., Zhang, M. and Zhou, C., “Effects of pre-drying treatments combined with explosion puffing drying on the physicochemical properties, antioxidant activities and flavor characteristics of apples”, *Food Chem*, 338, 128015, (2021).

Fernandes, F. A., and Rodrigues, S., “Ultrasound as pre-treatment for drying of fruits: Dehydration of banana”, *J. Food Eng.*, 82 (2), 261-267, (2007).

Fernandes, F. A., Linhares Jr, F. E., and Rodrigues, S., “Ultrasound as pre-treatment for drying of pineapple”, *Ultrason. Sonochem.*, 15(6), 1049-1054, (2008).

Fissore, D., Pisano, R. and Barresi, A. A., “Process analytical technology for monitoring pharmaceuticals freeze-drying—A comprehensive review”, *Dry Technol*, 36(15), 1839-1865, (2018).

Fleshman, M. K., Lester, G. E., Riedl, K. M., Kopec, R. E., Narayanasamy, S., Curley Jr, R. W., Schwartz S. J., and Harrison, E. H., “Carotene and novel apocarotenoid concentrations in orange-fleshed Cucumis melo melons: determinations of β -carotene bioaccessibility and bioavailability”, *J. Agric. Food Chem.*, 59 (9), 4448-4454, (2011).

Gao, Q. H., Wu, C. S., Wang, M., Xu, B. N., and Du, L. J., “Effect of drying of jujubes (*Ziziphus jujuba* Mill.) on the contents of sugars, organic acids, α -tocopherol, β -carotene, and phenolic compounds”, *J. Agric. Food Chem.*, 60 (38), 9642-9648, (2012).

Garcia, C. C., Caetano, L. C., Canizares, D., Silva, K. D. S., and Mauro, M. A., “Blanching effects on convective air-drying and sorption properties of papaya”, *Drying Technol.*, 1-11, (2022).

Geng, Z., Huang, X., Wang, J., Xiao, H., Yang, X., Zhu, L., Qi, X., Zhang, Q. and Hu, B., “Pulsed vacuum drying of pepper (*Capsicum annuum* L.): effect of high-humidity hot air impingement blanching pretreatment on drying kinetics and quality attributes”, *Foods*, 11(3), 318, (2022).

Gil, M. I., Aguayo, E. and Kader, A. A., “Quality changes and nutrient retention in fresh cut versus whole fruits during storage”, *J Agric Food Chem*, 54(12), 4284-4296, (2006).

Gomes, B. D. O., Santos, K. C., Carvalho, G. R., Bitencourt, B. S., Guedes, J. S., and Augusto, P. E. D. (2022). Uvaia fruit (*Eugenia pyriformis* Cambess) drying: Ethanol as pre-treatment, convective drying kinetics and bioactive compounds. *J. Food Process. Preserv.*, 46 (2), e16284.

Gómez-García, R., Campos, D. A., Aguilar, C. N., Madureira, A. R. and Pintado, M., “Valorization of melon fruit (*Cucumis melo* L.) by-products: Phytochemical and Biofunctional properties with Emphasis on Recent Trends and Advances”, *Trends Food Sci Technol*, 99, 507–519, (2020).

Granella, S. J., Bechlin, T. R., and Christ, D., “Moisture diffusion by the fractional-time model in convective drying with ultrasound-ethanol pretreatment of banana slices”, *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 102933, (2022).

Guedes, J. S., Santos, K. C., Castanha, N., Rojas, M. L., Junior, M. D. M., Lima, D. C., and Augusto, P. E., “Structural modification on potato tissue and starch using ethanol pre-treatment and drying process”, *Food Struct.*, 29, 100202, (2021).

Gupta, S., Jawanda, M. K., Arora, V., Mehta, N., and Yadav, V., “Role of lycopene in preventing oral diseases as a nonsurgical aid of treatment”, *Int. J. Prev. Med.*, 6, (2015).

Hermanns, A. S., Zhou, X., Xu, Q., Tadmor, Y., and Li, L., “Carotenoid pigment accumulation in horticultural plants”, *Hortic. Plant J.*, 6 (6), 343-360, (2020).

Hii, C. L., Ong, S. P., Yap, J. Y., Putranto, A. and Mangindaan, D., “Hybrid drying of food and bioproducts: A review”, *Dry Technol*, 39(11), 1554-1576, (2021).

Hiranvarachat, B., Devahastin, S., and Chiewchan, N., “Effects of acid pretreatments on some physicochemical properties of carrot undergoing hot air drying”, *Food Bioprod. Process.*, 89 (2), 116-127, (2011).

Hnin, K. K., Zhang, M., Mujumdar, A. S. and Zhu, Y., “Emerging food drying technologies with energy-saving characteristics: A review”, *Dry Technol*, 37(12), 1465-1480, (2019).

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., & Maskan, M., “Effects of hybrid (microwave-convective) and convective drying on drying kinetics, total phenolics, antioxidant capacity, vitamin C, color and rehydration capacity of sour cherries”, *Food Chem.*, 230, 295-305, (2017).

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., and Maskan, M., “Comparison of quality, bioactive compounds, textural and sensorial properties of hybrid and convection-dried apricots”, *J. Food Measur. Charact.*, 12 (1), 243-256, (2018^b).

Horuz, E., Bozkurt, H., Karataş, H., and Maskan, M., “Simultaneous application of microwave energy and hot air to whole drying process of apple slices: drying kinetics, modeling, temperature profile and energy aspect”, *Heat Mass Transf.*, 54 (2), 425-436, (2018^a).

Horuz, E., Jaafar, H. J., and Maskan, M., “Ultrasonication as pretreatment for drying of tomato slices in a hot air–microwave hybrid oven”, *Drying Technol.*, 35 (7), 849-859, (2017^b).

Huang, D., Men, K., Li, D., Wen, T., Gong, Z., Sunden, B. and Wu, Z., “Application of ultrasound technology in the drying of food products”, *Ultrason Sonochem*, 63, 104950, (2020).

Huang, P. H., Cheng, Y. T., Chan, Y. J., Lu, W. C., and Li, P. H., “Effect of Heat Treatment on Nutritional and Chromatic Properties of Mung Bean (*Vigna radiata* L.)”, *Agronomy*, 12 (6), 1365, (2022).

Igual, M., García-Martínez, E., Martín-Esparza, M. E., and Martínez-Navarrete, N., “Effect of processing on the drying kinetics and functional value of dried apricot”, *Food Res. Int.*, 47 (2), 284-290, (2012).

Inyang, U. E., Oboh, I. O. and Etuk, B. R., “Kinetic models for drying techniques—food materials”, *Adv Chem Eng Sci*, 8(02), 27-48, (2018).

Izli, N., Izli, G., and Taskin, O., “Drying kinetics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity properties of kiwi dried by different methods”, *J. Food Measur. Charact.*, 11 (1), 64-74, (2017).

İncedayi, B., Tamer, C. E., Sinir, G. Ö., Suna, S., and Çopur, Ö. U., “Impact of different drying parameters on color, β -carotene, antioxidant activity and minerals of apricot (*Prunus armeniaca*L.)”, *Food Sci. Technol.*, 36, 171-178, (2016).

Jeffery, J., Holzenburg, A., and King, S., “Physical barriers to carotenoid bioaccessibility. Ultrastructure survey of chromoplast and cell wall morphology in nine carotenoid-containing fruits and vegetables”, *J. Sci. Food Agric.*, 92 (13), 2594-2602, (2012).

Jideani, A. I., Silungwe, H., Takalani, T., Omolola, A. O., Udeh, H. O., and Anyasi, T. A., “Antioxidant-rich natural fruit and vegetable products and human health”, *Int. J. Food Prop.*, 24 (1), 41-67, (2021).

John, I., Patrick, O. A. and Sade, O. O., “Drying characteristics of foam dried watermelon as affected by stabilizing agent and drying air temperature”, *Annals Food Sci Technol*, 22 (3), 285-299, (2021).

- Kanar, Y., and Mazi, B. G., "HMF formation, diastase activity and proline content changes in bee pollen dried by different drying methods", *LWT-Food Sci. Technol.*, 113, 108273, (2019).
- Karabacak, A. Ö., Suna, S., Tamer, C. E., and Çopur, Ö. U., "Effects of oven, microwave and vacuum drying on drying characteristics, colour, total phenolic content and antioxidant capacity of celery slices", *Qual. Assur. Saf. Crops Foods*, 10 (2), 193-205, (2018).
- Karabulut, I., Topcu, A., Duran, A., Turan, S., and Ozturk, B., "Effect of hot air drying and sun drying on color values and β -carotene content of apricot (*Prunus armenica* L.)", *LWT-Food Sci. Technol.*, 40 (5), 753-758, (2007).
- Kayacan, S., Karasu, S., Akman, P. K., Goktas, H., Doymaz, I., and Sagdic, O., "Effect of different drying methods on total bioactive compounds, phenolic profile, in vitro bioaccessibility of phenolic and HMF formation of persimmon", *LWT--Food Sci. Technol.*, 118, 108830, (2020).
- Khalid, W., Ikram, A., Rehan, M., Afzal, F. A., Ambreen, S., Ahmad, M. and Sadiq, A., "Chemical composition and health benefits of melon seed: A review", *Pak J Agric Res*, 34(2), 309-317, (2021).
- Khan, M. I. H., and Karim, M. A., "Cellular water distribution, transport, and its investigation methods for plant-based food material", *Food Res. Int.*, 99, 1-14, (2017).
- Kolayli, S., Kara, M., Tezcan, F., Erim, F. B., Sahin, H., Ulusoy, E., and Aliyazicioglu, R., "Comparative study of chemical and biochemical properties of different melon cultivars: Standard, hybrid, and grafted melons", *J. Agric. Food Chem.*, 58 (17), 9764-9769, (2010).
- Koné, K. Y., Druon, C., Gnimpieba, E. Z., Delmotte, M., Duquenoy, A., and Laguerre, J. C., "Power density control in microwave assisted air drying to improve quality of food", *J. Food Eng.*, 119 (4), 750-757, (2013).
- Köçeroğlu, D., "Kavurma İşleminin Karpuz Çekirdeği Yağının Oksidasyonu Üzerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı*, Van, (2018).
- Köprüalan, Ö., Bodruk, A. ve Ertekin, F., "Meyve ve Sebzelerin Patlatmalı Puf Kurutma Yöntemi İle Kurutulması", *Akademik Gıda*, 17(1), 81-88, (2019).
- Kumar, C., and Karim, M. A., "Microwave-convective drying of food materials: A critical review", *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59(3), 379-394, (2019).
- Kumar, V., Sharma, H. K., and Singh, K., "Mathematical modeling of thin layer microwave drying of taro slices", *J. Inst. Eng. (India): Ser. A*, 97 (1), 53-61, (2016).

- Kumar, Y., Sharanagat, V. S., Singh, L. and Nema, P. K., “Convective drying of spine gourd (*Momordica dioica*): Effect of ultrasound pretreatment on drying characteristics, color, and texture attributes”, *J Food Process Preserv*, 44(9), e14639, (2020).
- Kurozawa, L. E., Terng, I., Hubinger, M. D., and Park, K. J., “Ascorbic acid degradation of papaya during drying: Effect of process conditions and glass transition phenomenon”, *J. Food Eng.*, 123, 157-164, (2014).
- Kutlu, N., İsci, A. ve Demirkol, Ö. Ş., “Gıdalarda ince tabaka kurutma modelleri”, *Gıda*, 40(1), 39-46, (2015).
- Kyriacou, M. C., Leskovar, D. I., Colla, G. and Roupael, Y., “Watermelon and melon fruit quality: The genotypic and agro-environmental factors implicated”, *Sci Horti*, 234, 393-408, (2018).
- La Fuente, C. I., and Tadini, C. C., “Ultrasound pre-treatment prior to unripe banana air-drying: effect of the ultrasonic volumetric power on the kinetic parameters”, *J. Food Sci. Technol.*, 55 (12), 5098-5105, (2018).
- Law, C. L. and Mujumdar, A. S. Fluidized bed dryers. In: Handbook of industrial drying, 4th edition, Ed: Mujumdar, A.S., CRC Press, pp: 161-190, USA, (2006).
- Li, X., Feng, T., Zhou, F., Zhou, S., Liu, Y., Li, W., Ye, R., and Yang, Y., “Effects of drying methods on the tasty compounds of *Pleurotus eryngii*”, *Food Chem.*, 166, 358-364, (2015).
- Li, X., Feng, T., Zhou, F., Zhou, S., Liu, Y., Li, W., Ye, R., and Yang, Y., “Effects of drying methods on the tasty compounds of *Pleurotus eryngii*”, *Food Chem.*, 166, 358-364, (2015).
- Li, Z., Raghavan, G. S. V., and Orsat, V., “Temperature and power control in microwave drying”, *J. Food Eng*, 97 (4), 478-483, (2010).
- Liman, M. L. R., Islam, M. T., Hossain, M. M., Sarker, P., and Dabnath, S., “Coloration of cotton fabric using watermelon extract: mechanism of dye-fiber bonding and chromophore absorption”, *J. Text. Inst.*, 112 (2), 243-254, (2021).
- Liu, C. J., Xue, Y. L., Guo, J., Ren, H. C., Jiang, S., Li, D. J., Song, J. F., and Zhang, Z. Y., “Citric acid and sucrose pretreatment improves the crispness of puffed peach chips by regulating cell structure and mechanical properties”, *LWT-Food Sci Technol*, 142, 111036, (2021).
- Liu, H., Liu, H., Liu, H., Zhang, X., Hong, Q., Chen, W., and Zeng, X., “Microwave drying characteristics and drying quality analysis of corn in China”, *Processes*, 9 (9), 1511, (2021).
- Liu, Y., Sun, Y., Yu, H., Yin, Y., Li, X. and Duan, X., “Hot air drying of purple-fleshed sweet potato with contact ultrasound assistance”, *Dry Technol*, 35(5), 564-576, (2017).

Llavata, B., García-Pérez, J. V., Simal, S., and Cárcel, J. A., “Innovative pre-treatments to enhance food drying: A current review”, *Curr. Opin. Food Sci.*, 35, 20-26, (2020).

Mahiuddin, M., Khan, M. I. H., Kumar, C., Rahman, M. M., and Karim, M. A., “Shrinkage of food materials during drying: Current status and challenges”, *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, 17 (5), 1113-1126, (2018).

Maietti, A., Tedeschi, P., Stagno, C., Bordiga, M., Travaglia, F., Locatelli, M., Arlorio, M. and Brandolini, V.. “Analytical traceability of melon (*Cucumis melo* var *reticulatus*): proximate composition, bioactive compounds, and antioxidant capacity in relation to cultivar, plant physiology state, and seasonal variability”, *J Food Sci*, 77(6), C646-C652, (2012).

Maoto, M. M., Beswa, D. and Jideani, A. I., “Watermelon as a potential fruit snack”, *Int J Food Prop*, 22(1), 355-370, (2019).

Martínez-Hernández, G. B., Boluda-Aguilar, M., Taboada-Rodríguez, A., Soto-Jover, S., Marín-Iniesta, F., and López-Gómez, A., “Processing, packaging, and storage of tomato products: influence on the lycopene content”, *Food Eng. Rev.*, 8 (1), 52-75, (2016).

Meléndez-Martínez, A. J., Mandić, A. I., Bantis, F., Böhm, V., Borge, G. I. A., Brnčić, M., Bysted, A., Cano, M. P., Dias, M. G., Elgersma, A., Fikselová, M., García-Alonso, J., Giuffrida, D., Gonçalves, V. S. S., Hornero-Méndez, D., Kljak, K., Lavelli, V., Manganaris, G. A., Mapelli-Brahm, P., Marounek, M., Olmedilla-Alonso, B., Periago-Castón, M. J., Pinteá, A., Sheehan, J. J., Šaponjac, V. T., Valšíková-Frey, M., Meulebroek, L. V. and O’Brien, N., “A comprehensive review on carotenoids in foods and feeds: Status quo, applications, patents, and research needs”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 62 (8), 1999-2049, (2022).

Méndez, E. K., Orrego, C. E., Manrique, D. L., Gonzalez, J. D., and Vallejo, D., “Power ultrasound application on convective drying of banana (*Musa paradisiaca*), mango (*Mangifera indica* L.) and guava (*Psidium guajava* L.)”, *Int. J. Biotechnol. Bioeng.*, 9 (10), 1100-1105, (2015).

Méndez-Lagunas, L., Rodríguez-Ramírez, J., Cruz-Gracida, M., Sandoval-Torres, S., and Barriada-Bernal, G., “Convective drying kinetics of strawberry (*Fragaria ananassa*): Effects on antioxidant activity, anthocyanins and total phenolic content”, *Food Chem.*, 230, 174-181, (2017).

Mendi, Y. Y., Sari, N., Akyildiz, A., Solmaz, I., Ünek, C., Özkaya, O., and Serce, S., “Determination of gene escape and fruit quality characteristics in transgenic melon (*Cucumis melo* L. var. *inodorus*)”, *Turk. J. Agric. For.*, 34 (2), 135-143, (2010).

- Miano, A. C., Rojas, M. L., and Augusto, P. E., “Combining ultrasound, vacuum and/or ethanol as pretreatments to the convective drying of celery slices”, *Ultrason. Sonochem.*, 79, 105779, (2021).
- Mortensen, A. and Skibsted, L.H., “Kinetics and mechanism of the primary steps of degradation of carotenoids by acid in homogeneous solution”, *J. Agric. Food Chem.*, 48, 279–286, (2000).
- Moses, J. A., Norton, T., Alagusundaram, K. and Tiwari, B. K., “Novel drying techniques for the food industry”, *Food Eng Rev*, 6(3), 43-55, (2014).
- Mothibe, K. J., Zhang, M., Nsor-atindana, J., and Wang, Y. C., “Use of ultrasound pretreatment in drying of fruits: drying rates, quality attributes, and shelf life extension”, *Drying Technol.*, 29 (14), 1611-1621, (2011).
- Mrad, N. D., Boudhrioua, N., Kechaou, N., Courtois, F., and Bonazzi, C., “Influence of air drying temperature on kinetics, physicochemical properties, total phenolic content and ascorbic acid of pears”, *Food Bioprod. Process.*, 90 (3), 433-441, (2012).
- Mujaffar, S., and Lee Loy, A., “The rehydration behavior of microwave-dried amaranth (*Amaranthus dubius*) leaves”, *Food Sci. Nutr.*, 5 (3), 399-406, (2017).
- Munyaka, A. W., Makule, E. E., Oey, I., Van Loey, A., and Hendrickx, M., “Thermal stability of L-ascorbic acid and ascorbic acid oxidase in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*)”, *J. Food Sci.*, 75 (4), 336-340, (2010).
- Nakilcioğlu-Taş, E., Coşan, G. and Ötleş, S., “Optimization of process conditions to improve the quality properties of healthy watermelon snacks developed by hot-air drying”, *J Food Meas Charact*, 15(2), 2146-2160, (2021).
- Naz, A., Butt, M. S., Sultan, M. T., Qayyum, M. M. N., and Niaz, R. S., “Watermelon lycopene and allied health claims”, *EXCLI J.*, 13, 650, (2014).
- Netto, J. M. S., Honorato, F. A., Azoubel, P. M., Kurozawa, L. E. and Barbin, D. F., “Evaluation of melon drying using hyperspectral imaging technique in the near infrared region”, *LWT-Food Sci Technol*, 143, 111092, (2021).
- Nowacka, M., Wiktor, A., Śledź, M., Jurek, N., and Witrowa-Rajchert, D., “Drying of ultrasound pretreated apple and its selected physical properties”, *J. Food Eng.*, 113 (3), 427-433, (2012).
- Nyangena, I. O., Owino, W. O., Imathiu, S., and Ambuko, J., “Effect of pretreatments prior to drying on antioxidant properties of dried mango slices”, *Sci. Afr.*, 6, e00148, (2019).
- Nyangena, I., Owino, W., Ambuko, J., and Imathiu, S., “Effect of selected pretreatments prior to drying on physical quality attributes of dried mango chips”, *J. Food Sci. Technol.*, 56(8), 3854-3863, (2019).

- Oladejo, A. O., Ma, H., Qu, W., Zhou, C., Wu, B. And Yang, X., “Influence of ultrasound pretreatments on diffusion coefficients, texture and colour of osmodehydrated sweet potato (*Ipomea batatas*)”, *Int J Food Sci*, 52(4), 888-896, (2017).
- Ong, S. P., and Law, C. L., “Drying kinetics and antioxidant phytochemicals retention of salak fruit under different drying and pretreatment conditions”, *Drying Technol.*, 29 (4), 429-441, (2011).
- Onwude, D. I., Hashim, N. And Chen, G., “Recent advances of novel thermal combined hot air drying of agricultural crops”, *Trends Food Sci Technol*, 57, 132-145, (2016a).
- Onwude, D. I., Hashim, N., Janius, R. B., Nawi, N. M. and Abdan, K., “Modeling the thin layer drying of fruits and vegetables: A review”, *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 15(3), 599-618, (2016b).
- Onwude, D. I., Hashim, N., Abdan, K., Janius, R., Chen, G., and Kumar, C., “Modelling of coupled heat and mass transfer for combined infrared and hot-air drying of sweet potato” *J. Food Eng*, 228, 12-24, (2018).
- Opalić, M., Domitran, Z., Komes, D., Belščak, A., Horžić, D., and Karlović, D., “The effect of ultrasound pre-treatment and air-drying on the quality of dried apples”, *Czech J. Food Sci.*, 27 (Special Issue 1), 297-300, (2009).
- Orikasa, T., Koide, S., Okamoto, S., Imaizumi, T., Muramatsu, Y., Takeda, J. I., Shiina, T., and Tagawa, A., “Impacts of hot air and vacuum drying on the quality attributes of kiwifruit slices”, *J. Food Eng.*, 125, 51-58, (2014).
- Ortiz-Jerez, M. J., Gulati, T., Datta, A. K. and Ochoa-Martínez, C. I., “Quantitative understanding of Refractance Window™ drying”, *Food Bioprod Process*, 95, 237-253, (2015).
- Osa, R., Essilfie, G., Alolga, R. N., Akaba, S., Song, X., Owusu-Ansah, P. and Zhou, C., “Application of non-thermal pretreatment techniques on agricultural products prior to drying: A review”, *J Sci Food Agric*, 100(6), 2585–2599, (2020).
- Ozcan-Sinir, G., Ozkan-Karabacak, A., Tamer, C. E., and Copur, O. U., “The effect of hot air, vacuum and microwave drying on drying characteristics, rehydration capacity, color, total phenolic content and antioxidant capacity of Kumquat (*Citrus japonica*)”, *Food Sci. Technol.*, 39, 475-484, (2018).
- Ozuna, C., Cárcel, J. A., García-Pérez, J. V., & Mulet, A., “Improvement of water transport mechanisms during potato drying by applying ultrasound”, *J. Sci. Food Agric.*, 91 (14), 2511-2517, (2011).
- Özdemir, M., and Devres, Y. O., “The thin layer drying characteristics of hazelnuts during roasting”, *J Food Eng*, 42(4), 225-233, (1999).

- Peleg, M., Normand, M. D., Dixon, W. R., and Goulette, T. R., “Modeling the degradation kinetics of ascorbic acid”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 58 (9), 1478-1494, (2018).
- Pingret, D., Fabiano-Tixier, A. S., and Chemat, F., “Degradation during application of ultrasound in food processing: A review”, *Food Control*, 31 (2), 593-606, (2013).
- Pitrat, M., Hanelt, P. and Hammer, K., “Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon”, In *VII Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding 510* (pp. 29-36), (2000, March).
- Rao, A. V., and Rao, L. G., “Carotenoids and human health”, *Pharmacol. Res.*, 55 (3), 207-216, (2007).
- Ratti, C., “Freeze drying for food powder production”, In: *Handbook of food powders*, Eds: B., Bhandari, N. Bansal, M. Zhang, P.Schuck, Woodhead Publishing, pp: 57-84, England, (2013).
- Ren, Y., Bang, H., Lee, E. J., Gould, J., Rathore, K. S., Patil, B. S., and Crosby, K. M., “Levels of phytoene and β -carotene in transgenic honeydew melon (*Cucumis melo* L. inodorus)”, *Plant Cell, Tissue Organ Cult.*, 113 (2), 291-301, (2013).
- Reyes, A., Vega, R., Bustos, R., Araneda, C., “Effect of processing conditions on drying kinetics and particle microstructure of carrot”, *Drying Technol.*, 26 (10), 1272–1285, (2008).
- Ribas-Agustí, A., Martín-Belloso, O., Soliva-Fortuny, R., and Elez-Martínez, P., “Food processing strategies to enhance phenolic compounds bioaccessibility and bioavailability in plant-based foods”, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 58 (15), 2531-2548, (2018).
- Ricce, C., Rojas, M. L., Miano, A. C., Siche, R. and Augusto, P. E. D., “Ultrasound pre treatment enhances the carrot drying and rehydration”, *Food Res Int*, 89, 701-708, (2016).
- Rodrigues, S., and Fernandes, F. A., “Use of ultrasound as pretreatment for dehydration of melons”, *Drying Technol.*, 25 (10), 1791-1796, (2007).
- Rodríguez, Ó., Santacatalina, J. V., Simal, S., Garcia-Perez, J. V., Femenia, A., and Rosselló, C., “Influence of power ultrasound application on drying kinetics of apple and its antioxidant and microstructural properties”, *J. Food Eng.*, 129, 21-29, (2014).
- Rojas, M. L., Augusto, P. E. D., and Cárcel, J. A., “Ethanol pre-treatment to ultrasound-assisted convective drying of apple”, *Innovative Food Sci. Emerging Technol.*, 61, 102328, (2020).
- Rojas, M. L., ve Augusto, P. E., “Ethanol pre-treatment improves vegetable drying and rehydration: Kinetics, mechanisms and impact on viscoelastic properties”, *J. Food Eng.*, 233, 17-27, (2018).

- Romdhane, M. B., Haddar, A., Ghazala, I., Jeddou, K. B., Helbert, C. B. and Ellouz-Chaabouni, S., "Optimization of polysaccharides extraction from watermelon rinds: Structure, functional and biological activities", *Food Chem*, 216, 355-364, (2017).
- Sahin, M., and Doymaz, I., "Estimation of cauliflower mass transfer parameters during convective drying", *Heat Mass Transf.*, 53 (2), 507-517, (2017).
- Saini, R. K., and Keum, Y. S., "Carotenoid extraction methods: A review of recent developments", *Food Chem.*, 240, 90-103, (2018).
- Sarpong, F., Yu, X., Zhou, C., Amenorfe, L. P., Bai, J., Wu, B., and Ma, H., "The kinetics and thermodynamics study of bioactive compounds and antioxidant degradation of dried banana (*Musa ssp.*) slices using controlled humidity convective air drying", *J. Food Measur. Charact.*, 12 (3), 1935-1946, (2018).
- Scher, C. F., de Oliveira Rios, A., and Noreña, C. P. Z., "Hot air drying of yacon (*Smallanthus sonchifolius*) and its effect on sugar concentrations", *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44(11), 2169-2175, (2009).
- Scherer, R., Rybka, A. C. P., Ballus, C. A., Meinhart, A. D., Teixeira Filho, J., and Godoy, H. T., "Validation of a HPLC method for simultaneous determination of main organic acids in fruits and juices", *Food Chem.*, 135 (1), 150-154, (2012).
- Seçim, A., "Bazı saf hat kırkağaç kavun (*Cucumis melo L.*) genotipleri ve hibritlerinin *Fusarium oxysporum f. sp. melonis*'e dayanım, morfolojik karakterizasyon ve raf ömrü bakımından incelenmesi", Doktora Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Antalya, (2019).
- Shahidi, F., Varatharajan, V., Oh, W. Y., and Peng, H., "Phenolic compounds in agri-food by-products, their bioavailability and health effects", *J. Food Bioact.*, 5 (1), 57-119, (2019).
- Shapla, U. M., Solayman, M., Alam, N., Khalil, M., and Gan, S. H., "5-Hydroxymethylfurfural (HMF) levels in honey and other food products: effects on bees and human health", *Chem. Cent. J.*, 12 (1), 1-18, (2018).
- Sharma, R., Kaur, D., Oberoi, D. P. S., and Sogi, D. S., "Thermal degradation kinetics of pigments and visual color in watermelon juice", *Int. J. Food Prop.*, 11 (2), 439-449, (2008).
- Shiferaw Terefe, N., Buckow, R., and Versteeg, C., "Quality-related enzymes in plant-based products: effects of novel food-processing technologies part 3: ultrasonic processing", *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 55 (2), 147-158, (2015).
- Shishir, M. R. I. and Chen, W., "Trends of spray drying: A critical review on drying of fruit and vegetable juices", *Trends Food Sci Technol*, 65, 49-67, (2017).

- Singleton, V. L., and Rossi, J. A., “Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents”, *Am. J. Enol. Vitic.*, 16 (3), 144-158, (1965).
- Sivakumar, R., Saravanan, R., Perumal, A. E. and Iniyan, S., “Fluidized bed drying of some agro products–A review”, *Renew Sust Energ Rev*, 61, 280-301, (2016).
- Solval, K. M., Sundararajan, S., Alfaro, L. and Sathivel, S., “Development of cantaloupe (*Cucumis melo*) juice powders using spray drying technology”, *LWT-Food Sci Technol*, 46(1), 287-293, (2012).
- Song, C., Ma, X., Wang, J., Ding, T., and Song, W., “Effects of ultrasound and blanching pretreatments on mass transfer and qualities of hot-air drying of perilla (*Perilla frutescens* L.) leaves”, *J. Food Process. Preserv.*, 45 (12), e15947, (2021).
- Song, J., Wang, X., Li, D., and Liu, C., “Degradation kinetics of carotenoids and visual colour in pumpkin (*Cucurbita maxima* L.) slices during microwave-vacuum drying”, *Int. J. Food Prop.*, 20 (1), 632-643, (2017).
- Srikiatden, J. and Roberts, J. S., “Moisture transfer in solid food materials: A review of mechanisms, models, and measurements”, *Int J Food Prop*, 10(4), 739-777, (2007).
- Srikiatden, J., and Roberts, J. S., “Measuring moisture diffusivity of potato and carrot (core and cortex) during convective hot air and isothermal drying”, *J. Food Eng.*, 74 (1), 143-152, (2006).
- Sun, X., Jin, X., Fu, N., and Chen, X., “Effects of different pretreatment methods on the drying characteristics and quality of potatoes”, *Food Sci. Nutr.*, 8 (11), 5767-5775, (2020).
- Sun, X., Shokri, S., Wang, Z., Li, B., and Meng, X., “Optimization of explosion puffing drying for browning control in Muskmelon (*Cucumis melo* L.) using Taguchi orthogonal arrays”, *LWT-Food Sci Technol.*, 142, 111021, (2021).
- Szadzińska, J., and Mierzwa, D., “The influence of hybrid drying (microwave-convective) on drying kinetics and quality of white mushrooms”, *Chem. Eng. Process. Process Intensification*, 167, 108532, (2021).
- Tadmor, Y., Burger, J., Yaakov, I., Feder, A., Libhaber, S. E., Portnoy, V., Meir, A., Tzuri, G., Sa’ar, U., Rogachev, I., Aharoni, A., Abeliovich, H., Schaffer, A. A., Lewinsohn, E., and Katzir, N., “Genetics of flavonoid, carotenoid, and chlorophyll pigments in melon fruit rinds”, *J. Agric. Food Chem.*, 58 (19), 10722-10728, (2010).
- Tao, Y., Han, M., Gao, X., Han, Y., Show, P. L., Liu, C., Ye, X., and Xie, G., “Applications of water blanching, surface contacting ultrasound-assisted air drying, and their combination for dehydration of white cabbage: Drying mechanism, bioactive profile, color and rehydration property”, *Ultrason. Sonochem.*, 53, 192-201, (2019).

- Tao, Y., Wang, P., Wang, Y., Kadam, S. U., Han, Y., Wang, J., and Zhou, J., “Power ultrasound as a pretreatment to convective drying of mulberry (*Morus alba* L.) leaves: Impact on drying kinetics and selected quality properties”, *Ultrason. Sonochem.*, 31, 310-318, (2016).
- Tepe, B., and Ekinçi, R., “Drying characteristics and some quality parameters of whole jujube (*Zizyphus jujuba* Mill.) during hot air drying”, *Ital. J. Food Sci.*, 33 (1), 1-15, (2021).
- Tepe, F. B., Tepe, T. K., and Ekinçi, A., “Impact of air temperature on drying characteristics and some bioactive properties of kiwi fruit slices”, *Chem. Ind. Chem. Eng. Q.*, 28 (2), 151-159, (2022).
- Tepe, F.B., “Hünnap (*Z.jujuba* Mill) meyvelerinin farklı olgunlaşma evrelerinde ve kurutma sürecinde bazı kalite parametrelerinin kinetik analizi”, Doktora Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Denizli, (2020).
- Tepe, T. K., and Kadakal, Ç., “Determination of drying characteristics, rehydration properties, and shrinkage ratio of convective dried melon slice with some pretreatments”, *J. Food Process. Preserv.*, e16544, (2022).
- Tepe, T. K., and Tepe, B., “The comparison of drying and rehydration characteristics of intermittent-microwave and hot-air dried-apple slices”, *Heat Mass Transf.*, 56 (11), 3047-3057, (2020).
- Thaipong, K., Boonprakob, U., Crosby, K., Cisneros-Zevallos, L., and Byrne, D. H., “Comparison of ABTS, DPPH, FRAP, and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts”, *J. Food Compos. Anal.*, 19 (6-7), 669-675, (2006).
- Tinello, F., Mihaylova, D., and Lante, A., “Effect of dipping pre-treatment with unripe grape juice on dried “Golden Delicious” apple slices”, *Food Bioprocess Technol.*, 11 (12), 2275-2285, (2018).
- Tlili, I., Hdider, C., Ilahy, R., and Jebari, H., “Phytochemical composition and antioxidant activity of selected watermelon varieties grown in Tunisia”, *Afr. J. Plant Sci. Biotechnol.*, 4 (2), 68-71, (2010).
- Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M. S., Ilahy, R., Jebari, H., and Dalessandro, G., “Bioactive compounds and antioxidant activities during fruit ripening of watermelon cultivars”, *J. Food Compos. Anal.*, 24 (7), 923-928, (2011^a).
- Tlili, I., Hdider, C., Lenucci, M. S., Riadh, I., Jebari, H., and Dalessandro, G., “Bioactive compounds and antioxidant activities of different watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Mansfeld) cultivars as affected by fruit sampling area”, *J. Food Compos. Anal.*, 24 (3), 307-314, (2011^b).

Tokgöz, H., Gölükcü, M., Toker, R., ve Turgut, D. Y., “Karpuzun (*Citrullus Lanatus*) Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Aşılı Fide Kullanımı ve Hasat Zamanının Etkileri”, *Gıda*, 40 (5), 263-270, (2015).

Tontul, I. and Topuz, A., “Spray-drying of fruit and vegetable juices: Effect of drying conditions on the product yield and physical properties”, *Trends Food Sci Technol*, 63, 91-102, (2017).

Top, V., Tontul, İ. and Türker, S., “Use of solar energy assisted drying methods in the food industry”, *Turk J Food Agric Sci Technol*, 7(8), 1100-1112, (2019).

Toshniwal, U. and Karale, S. R., “A review paper on solar dryer”, *Int J Eng Res Appl*, 3(2), 896-902, (2013).

Tunckal, C. and Doymaz, İ., “Performance analysis and mathematical modelling of banana slices in a heat pump drying system”, *Renew Energ*, 150, 918–923, (2020).

Tunde-Akintunde, T. Y., “Effect of pretreatment on drying time and quality of chilli pepper”, *J. Food Process. Preserv.*, 34 (4), 595-608, (2010).

Tunde-Akintunde, T. Y., “Effect of soaking water temperature and time on some rehydration characteristics and nutrient loss in dried bell pepper”, *Agric. Eng. Int.: CIGR J.*, 10, 1-7, (2008).

Turkiewicz, I. P., Wojdyło, A., Lech, K., Tkacz, K., and Nowicka, P., “Influence of different drying methods on the quality of Japanese quince fruit”, *LWT-Food Sci. Technol.*, 114, 108416, (2019).

TÜİK, 2022. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2022-45504>. Erişim 30 Aralık 2022.

Üçok, Z., “Bağrıbütün Kavunu (*Cucumis Melo L.*)’nun Morfolojik ve Fenolojik Özelliklerinin Belirlenmesi”, Yüksek Lisan Tezi, *Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Antalya, (2019).

Ünüvar, S., “Determination of 5-hydroxymethylfurfural (5-HMF) in expired pharmaceutical syrups by using HPLC-DAD method”, *J. Turk. Chem. Soc., Sect. A: Chem.*, 5 (3), 1431-1440, (2018).

Valente, A., Albuquerque, T. G., Sanches-Silva, A., and Costa, H. S., “Ascorbic acid content in exotic fruits: A contribution to produce quality data for food composition databases”, *Food Res. Int.*, 44 (7), 2237-2242, (2011).

Vardin, H., and Yilmaz, F. M., “The effect of blanching pre-treatment on the drying kinetics, thermal degradation of phenolic compounds and hydroxymethyl furfural formation in pomegranate arils”, *Ital. J. Food Sci.*, 30 (1), (2018).

- Vega-Gálvez, A. L. M. S., Lemus-Mondaca, R., Bilbao-Sáinz, C., Fito, P., and Andrés, A., “Effect of air drying temperature on the quality of rehydrated dried red bell pepper (var. Lamuyo)”, *J. Food Eng.*, 85 (1), 42-50, (2008).
- Vuolo, M. M., Lima V.S., Junior, M.R.M., “Phenolic Compounds: Structure, Classification, and Antioxidant Power”, (eds: Maira Rubi Segura Campos), *Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications*, England: Woodhead Publishing, 33-50, (2019).
- Wang, H. O., Fu, Q. Q., Chen, S. J., Hu, Z. C., and Xie, H. X., “Effect of hot-water blanching pretreatment on drying characteristics and product qualities for the novel integrated freeze-drying of apple slices”, *J. Food Qual.*, (2018).
- Wang, J., Xiao, H. W., Ye, J. H., Wang, J., and Raghavan, V., “Ultrasound pretreatment to enhance drying kinetics of kiwifruit (*Actinidia deliciosa*) slices: pros and cons”, *Food Bioprocess Technol.*, 12 (5), 865-876, (2019).
- Wang, L., Xu, B., Wei, B. and Zeng, R., “Low frequency ultrasound pretreatment of carrot slices: Effect on the moisture migration and quality attributes by intermediate-wave infrared radiation drying”, *Ultrason Sonochem.*, 40, 619-628, (2018).
- Wojdyło, A., Figiel, A., Lech, K., Nowicka, P., and Oszmiański, J., “Effect of convective and vacuum–microwave drying on the bioactive compounds, color, and antioxidant capacity of sour cherries”, *Food Bioprocess Technol.*, 7 (3), 829-841, (2014).
- Wu, X. F., Zhang, M., Mujumdar, A. S., and Yang, C. H., “Effect of ultrasound-assisted osmotic dehydration pretreatment on the infrared drying of Pakchoi Stems”, *Drying Technology*, 38 (15), 2015-2026, (2019).
- Xu, B., Tiliwa, E. S., Yan, W., Azam, S. R., Wei, B., Zhou, C., Ma, H., and Bhandari, B., “Recent development in high quality drying of fruits and vegetables assisted by ultrasound: A review”, *Food Res. Int.*, 110744, (2021).
- Yan, W. Q., Zhang, M., Huang, L. L., Tang, J., Mujumdar, A. S., and Sun, J. C., “Studies on different combined microwave drying of carrot pieces”, *Int. J. Food Sci. Technol.*, 45 (10), 2141-2148, (2010).
- Yang, X. H., Deng, L. Z., Mujumdar, A. S., Xiao, H. W., Zhang, Q., and Kan, Z., “Evolution and modeling of colour changes of red pepper (*Capsicum annuum* L.) during hot air drying”, *J. Food Eng.*, 231, 101-108, (2018).
- Yoo, K. S., Bang, H., Lee, E. J., Crosby, K., and Patil, B. S., “Variation of carotenoid, sugar, and ascorbic acid concentrations in watermelon genotypes and genetic analysis”, *Hortic., Environ. Biotechnol.*, 53 (6), 552-560, (2012).

Yoo, K. S., Bang, H., Lee, E. J., Crosby, K., and Patil, B. S., "Variation of carotenoid, sugar, and ascorbic acid concentrations in watermelon genotypes and genetic analysis", *Hortic., Environ. Biotechnol.*, 53(6), 552-560, (2012).

Zahoor, I., and Khan, M. A., "Microwave assisted convective drying of bitter gourd: drying kinetics and effect on ascorbic acid, total phenolics and antioxidant activity", *J. Food Measur. Charact.*, 13 (3), 2481-2490, (2019).

Zakynthinos, G., and Varzakas, T., "Carotenoids: From plants to food industry", *Curr. Res. Nutr. Food Sci.*, 4 (1), 38-51, (2016).

Zalpouri, R., Kaur, P. and Sain, M., "Refractive window drying-A better approach to preserve the visual appearance of dried products", *Pantnagar J Res*, 18(1), 90-94, (2020).

Zhao, D., An, K., Ding, S., Liu, L., Xu, Z., and Wang, Z., "Two-stage intermittent microwave coupled with hot-air drying of carrot slices: drying kinetics and physical quality", *Food Bioprocess Technol.*, 7 (8), 2308-2318, (2014).

Zhou, C., Wang, Z., Wang, X., Yagoub, A. E., Ma, H., Sun, Y., and Yu, X., "Effects of tri-frequency ultrasound-ethanol pretreatment combined with infrared convection drying on the quality properties and drying characteristics of scallion stalk", *J. Sci. Food Agric.*, 101 (7), 2809-2817, (2021).

Zhou, X. and Wang, S., "Recent developments in radio frequency drying of food and agricultural products: A review", *Drying Technol*, 37(3), 271-286, (2019).

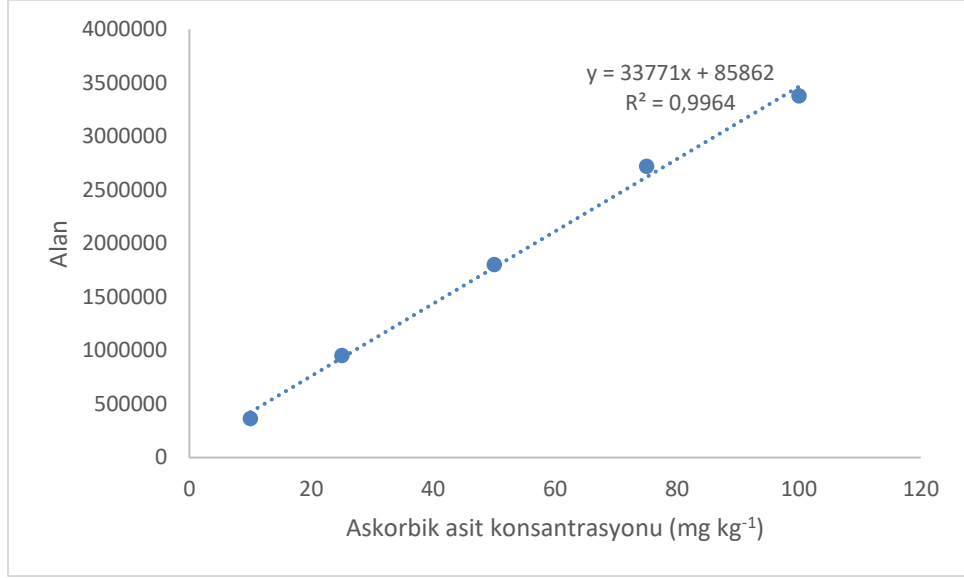
Zia, M. P., and Alibas, I., "The effect of different drying techniques on color parameters, ascorbic acid content, anthocyanin and antioxidant capacities of cornelian cherry", *Food Chem.*, 364, 130358, (2021).

Zielinska, M., and Markowski, M., "The influence of microwave-assisted drying techniques on the rehydration behavior of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.)", *Food Chem.*, 196, 1188-1196, (2016).

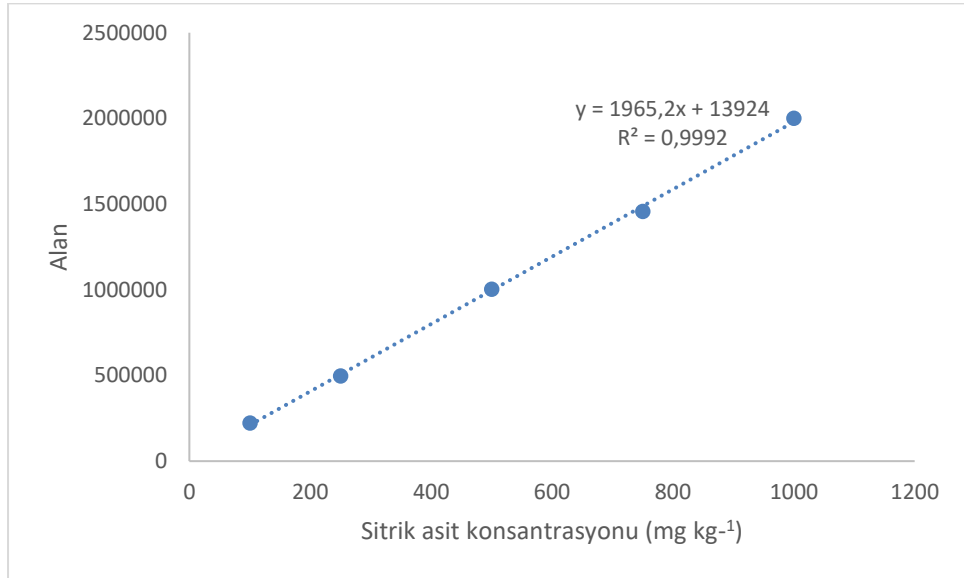
EKLER

6. EKLER

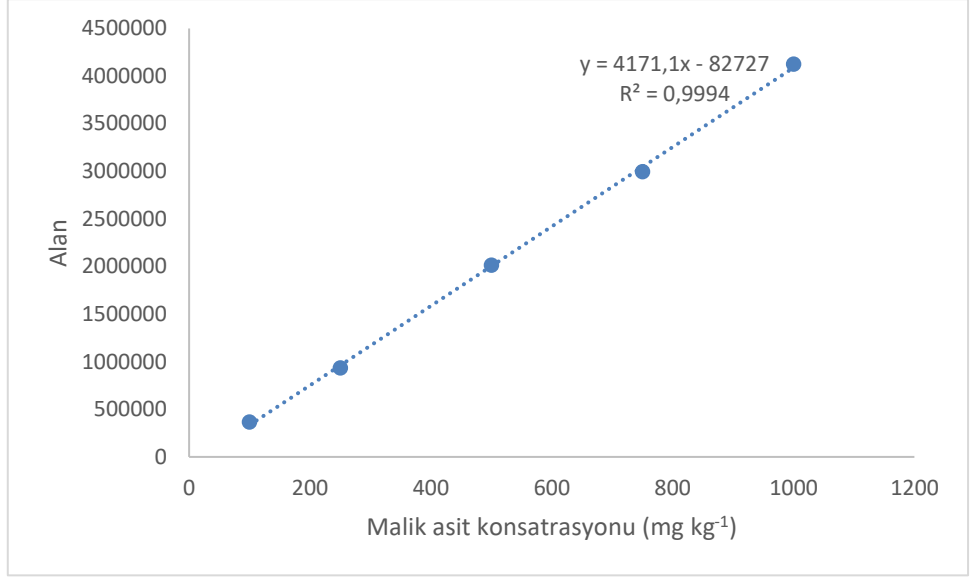
EK A Standartlara Ait Kalibrasyon Grafikleri



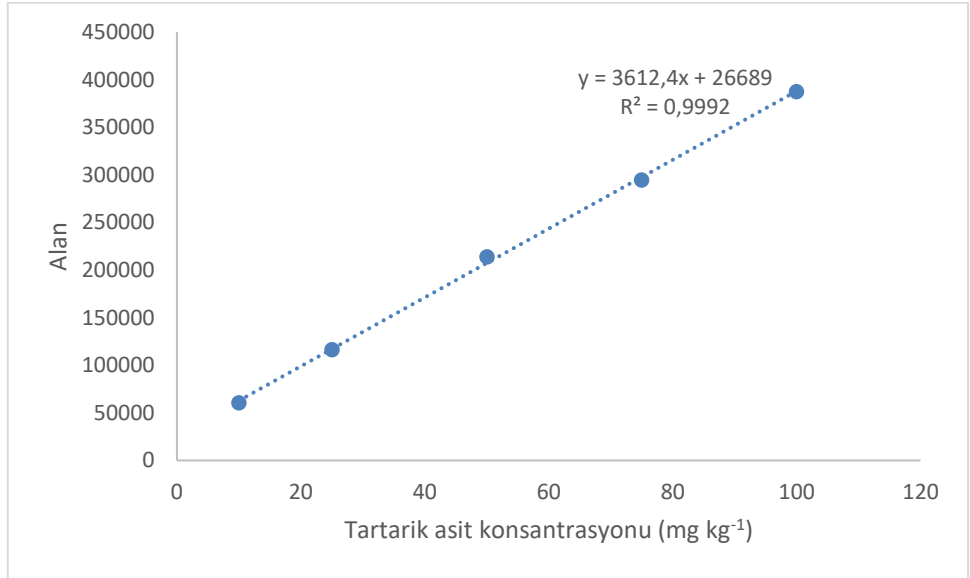
Şekil A.1: Askorbik asit kalibrasyon eğrisi



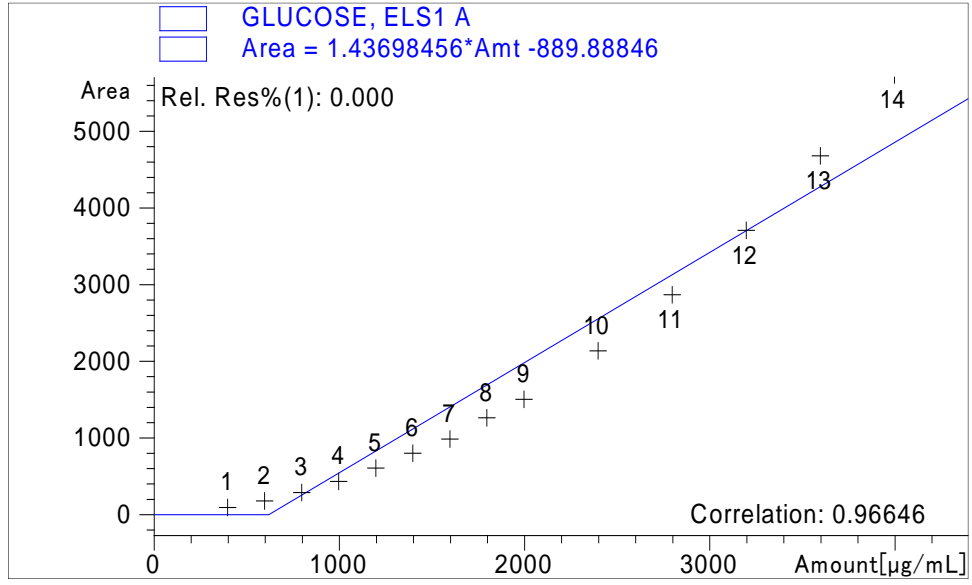
Şekil A.2: Sitrik asit kalibrasyon eğrisi



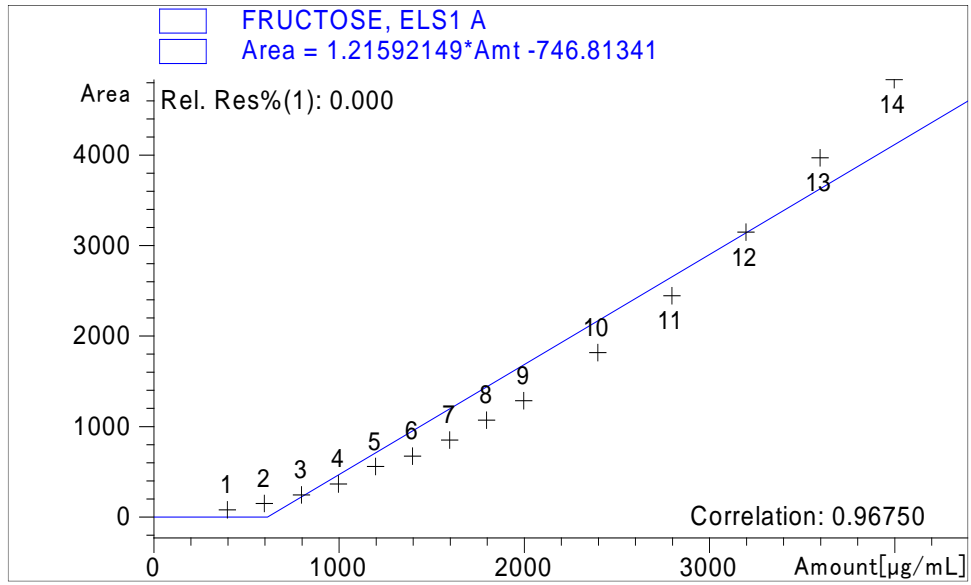
Şekil A.3: Malik asit kalibrasyon eğrisi



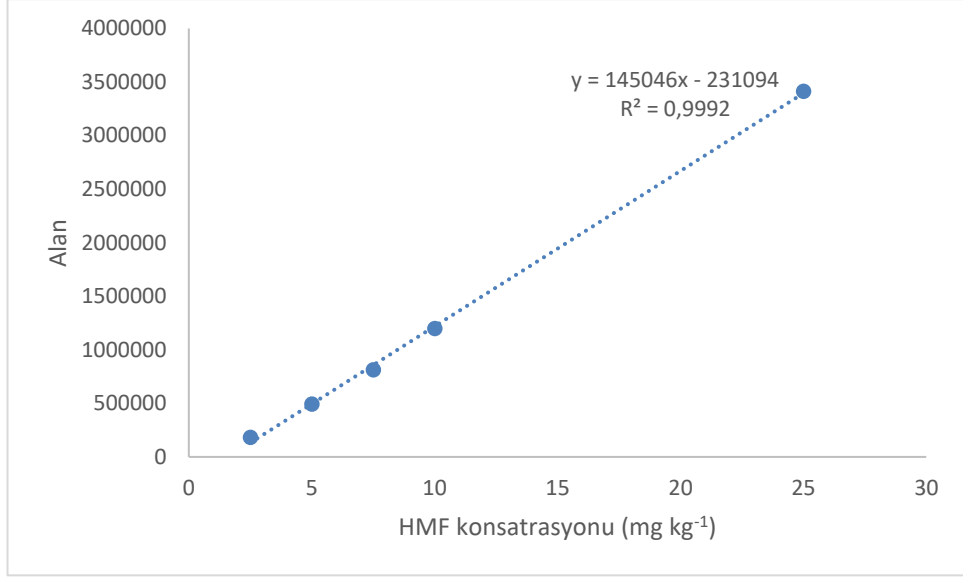
Şekil A.4: Tartarik asit kalibrasyon eğrisi



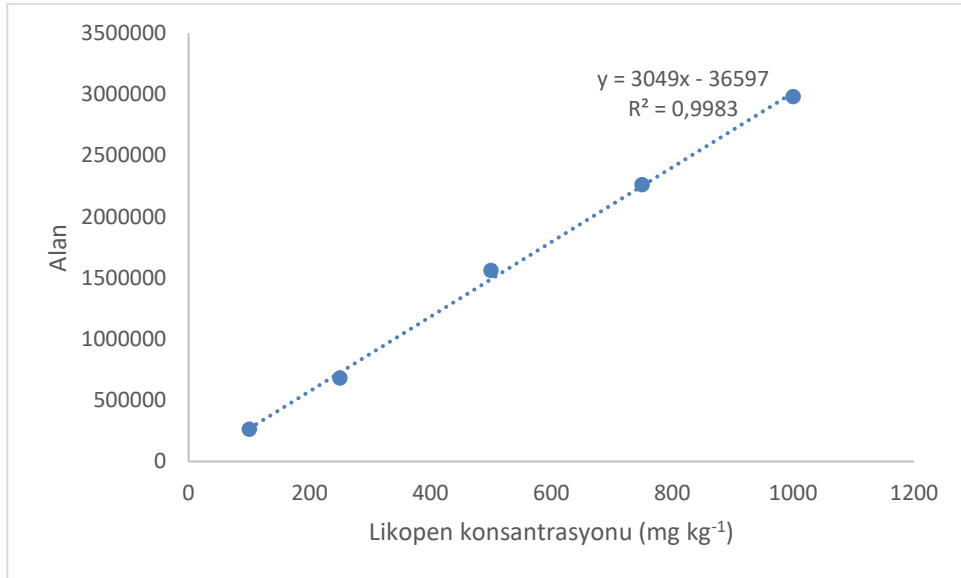
Şekil A.5: Glikoz kalibrasyon eğrisi



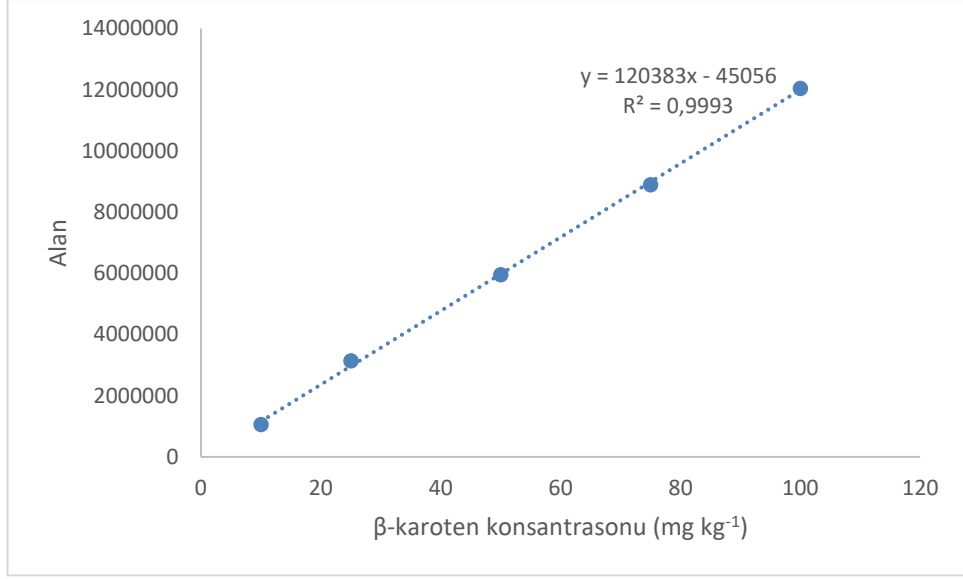
Şekil A.6: Fruktöz kalibrasyon eğrisi



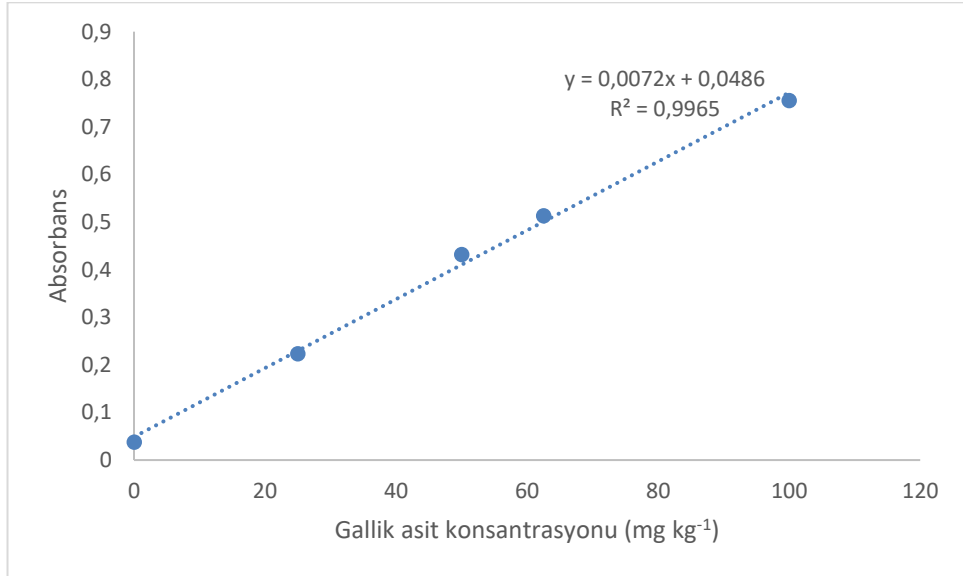
Şekil A.7: HMF kalibrasyon eğrisi



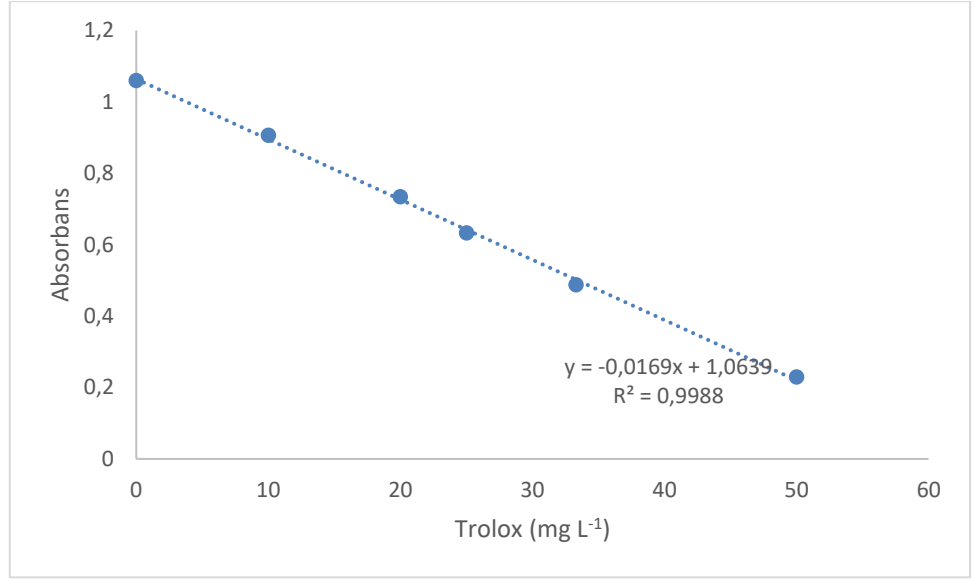
Şekil A.8: Likopen kalibrasyon eğrisi



Şekil A.9: β-karoten kalibrasyon eğrisi



Şekil A.10: Gallik asit kalibrasyon eğrisi



Şekil A.11: Trolox kalibrasyon eğrisi